

# 螺杆钻定向钻孔 在水利水电工程中的应用前景

曾 鹏 九

(黄委会设计院)

定向钻孔是指在钻孔远离目标点,进行定向钻探,以及在一个钻孔中,为打一些丛式分枝孔,以补充查明某些地质情况。它是加快勘探施工速度,提供准确地质资料,降低成本的很有前途的经济钻探方法。

当前,定向钻孔主要有两种方法。一种是地面动力,钻杆迴转的定向钻探方法;一种是孔底动力,钻杆不迴转的定向钻探方法。后者以更好的经济效益得到了迅速的发展。苏联在40年代石油钻井中开始用孔底涡轮钻打定向井。美国载纳钻井公司在60年代中期研究成功“载纳钻”(我国称螺杆钻),并用其在油田打定向井取得成功。从此为在石油钻采工程、固体矿产勘探打定向孔开创了新局面。

70年代,美国开始用小直径螺杆钻和单点照像测斜仪定向,在非磁性矿区进行定向钻探;几乎在同一时间,苏联用全苏钻井技术研究所古斯曼教授领导下研制的Д-54型螺杆钻进行了定向钻探的试验工作,采用了单点定向测斜与多点定向测斜,这一技术苏联已进入实用阶段。试验表明,在固体矿产勘探工程中,采用螺杆钻定向钻探是最先进的技术,最有发展前途。

80年代初我国开始应用螺杆钻定向钻孔于固体矿产勘探中。1981年安徽地质局设计制造了LG-55型排量泥浆马达,1984年又设制了LGZ-55型螺杆钻。1983~1985年地矿部勘探技术研究所在安徽与江西进行了LF-54型螺杆钻定向钻孔的固体矿产勘探试验,获得成功。石油部辽河油田已打定向钻井1413个,节约钻井费1000多万元,少占地4619亩。

螺杆钻定向钻孔有如下特点:

- 1.造斜钻进是连续作用的,造斜孔段的钻孔轴线为一平缓的弧线,能同时进行改变钻孔顶角和方位角。

- 2.打分枝孔时,只需灌注水泥塞而不必下偏心楔,施工工艺简单,定向精度高。

- 3.由于钻杆不转动,不但减少了孔内事故,而且大大降低了钻杆和孔内套管的磨损,减少了钻进过程中摩擦功率的损失,改善了钻头的工作状况。

- 4.由于钻杆不转动,就可以使用随钻定向仪,进行随钻测量定向钻探,实现遥测钻探新方法。

- 5.可以在表土、松软、破碎和复杂地层中使用,应用范围广。

6. 螺杆钻具结构简单、工作可靠、维修容易、操作方便，而且可以通过改变结构参数和工艺参数来改变螺杆钻的输出参数，达到不同的定向钻探工艺要求。

## 一、螺杆钻定向钻探的主要配套器具

### 1. 井底马达—螺杆钻

这是定向钻探的关键。只有性能完好的井底马达，钻头才能正常工作，目前我国已有两种螺杆钻(表1)。LF—54型螺杆钻已形成系列，其结构见图1。螺杆马达的转子定子波齿数比 $i=5/6$ ，万向节采用内花键鼓形齿结构，推力轴承为：并联金刚石轴承，具有扭矩大，容易启动，工作寿命长等优点。

表1 螺杆钻型号

钻具型号	钻具外径 (mm)	转子定子 波齿数比 (i)	泵量 (l/min)	钻头转速 (r·p·m)	工作压差 kgf/cm <sup>2</sup>	输出扭矩 (kgf·m)	钻具长度 (m)	重量 (kg)
LF—54	54	5/6	120~150	350~450	32	10	2.2	25
LF—54Ⅱ	54	1/2	100~165	755~1246	40	6.3	3.4	35
L1F—62	62	5/6	150~250	300~500	32	15.2	2.45	40
LF—62Ⅱ	62	1/2	120~210	580~1014	40	10.5	3.8	50
LF—85	85	5/6	300~420	235~330	32	40	3.4	120
LF—100	100	5/6	450~600	220~290	32	68	3.6	180
LGZ—55	55	1/2	140	920~1080		52	2.6	25

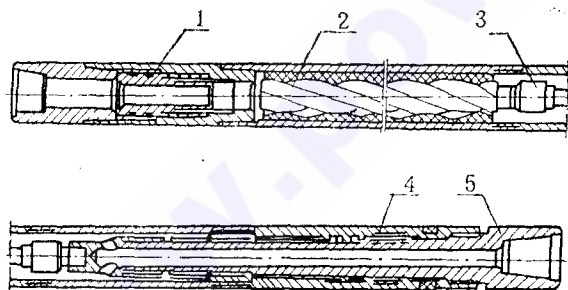


图1 LF系列液动螺杆钻具图

1 溢流阀 2 螺杆马达 3 万向节  
4 驱动轴 5 异径接头

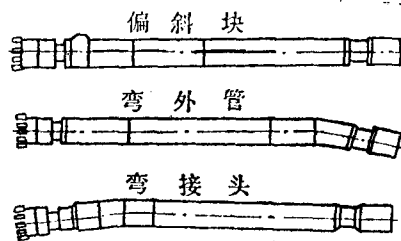


图2 三种不同的定向装置

### 2. 配套机具

与螺杆钻相配合的造斜工具有弯接头组件，弯外管组件，以及安装在螺杆钻下部驱动轴外壳上的偏心块(图2)，这三种造斜装置弯度有 $0^{\circ}30'$ 、 $1^{\circ}$ 、 $1^{\circ}30'$ 、 $2^{\circ}$ 、 $2^{\circ}30'$ 。且各有其特点，可根据需要任意选择。

### 3. 钻孔定向监测仪

当在井下打定向钻孔时，必须要有准确的监测手段，这种监测包括钻孔方位角与顶角。且应是随钻监测，以便钻孔在监测下进行造斜纠斜，以达到查清地质情况的目的。美国已研制出“DOT”和“EYE”随钻定向系统，苏联有“yHIO—18”和“MI—30”

型定向仪。

我国勘探技术研究所研制了三种单点与多点定向仪，其性能见表2。

表2

项 目	ZS-1型随钻监测仪	YS-1型 随钻定向 监测仪	DD-1型 单点 定向仪
探管外径	34	33	30
工具面向角测量范围	0~360°	0~360°	
测量精度	±3°(顶角1~3°时为±5°)	±7°	
顶角测量范围	0~70°	0~180°	
测量精度	±30' (顶角1~50°), ±1°(顶角50~70°)	±1°	
探管抗震性能	30G(外环)	横向15G 冲击75G	
定向精度			±7°
顶角适应范围			0~60°
工作深度			1000
重 量			56

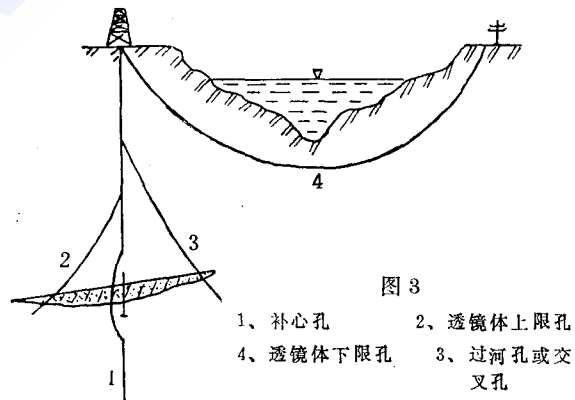
此外有通缆水龙头与钻杆抗反扭矩装置。

## 二、定向钻探在水电工程中的应用

1. 补取岩心。当常规钻探遇到破碎带或软弱夹层不能提取岩心而无法确定地质界限时，可用定向钻具对该部位重新取样。

2. 当遇到软弱夹层或某些特殊地层时，可打分枝定向孔，以探查其延伸范围。从而减少钻探工作量与山地工作量。

3. 打过河定向钻孔，或者是两岸交会定向斜孔，以查明河底地质情况。从而减少水下钻探，省去费时费钱的过河平洞(图3)。



## 三、定向钻孔的设计

受控定向钻孔的设计是施工成败的重要前提，必须予以足够的重视。要搞好受控钻孔的设计，要拥有坝址地形图、地质构造图、钻孔施工平面图和剖面图等，明确钻孔设计的目的和施工顺序。

应优先考虑在浅孔段造斜，钻孔越浅造斜工艺技术越易掌握，造斜地段应优先选择可钻性较低、岩性较完整、孔壁较稳定的地段。

钻孔本身形状要避繁就简,能用“L”型的不用“S”型,尽量减少造斜工作量。

上述原则确定以后,首先是选择造斜工具,也就是选用造斜强度  $K$  值(表3)。再根据造斜段长,确定其安装角  $\beta$ ,这样就确定了钻孔方位角  $\alpha$  与钻孔顶角  $\theta$ ,根据经验公式计算出钻孔方位角与顶角的增量。

$$\Delta\theta = K \cos\beta \Delta L \quad (1)$$

$$\Delta\alpha = K \frac{\sin\beta}{\cos\theta} \Delta L \quad (2)$$

式中  $\Delta L$ ——造斜段长度

$\Delta\theta$ ——在  $\Delta L$  造斜孔段中钻孔顶角增量

$\Delta\alpha$ ——在  $\Delta L$  造斜孔段中钻孔方位角增量

$\theta$ ——造斜段上下两点顶角平均值

$K$ ——造斜工具的造斜强度

$\beta$ ——工具面向角

在满足顶角与方位角变化需要和实现安全钻孔的前提下,尽量减少造斜长度,这是因为造斜钻进速度比常规钻进速度大约慢一倍。

## 四、定向技术

### 1. 直接定向

用于直孔的浅孔段,称为“地面母线直接定向”法。先在孔口附近,沿勘探线定几个方位桩,到预定孔深造斜时,将带有母线的螺杆钻造斜钻具和钻杆立根连接起来,每连接一根,用肉眼瞄准将母线往上引一根,并刻以标记,直至达到预定位置为止。然后,一人站在勘探线上,朝立轴方向瞄准,另一人扭转钻杆,当瞄准者确认母线位于中心位置时,即为设计定向目标,此时即可开钻造斜。这种方法不用经纬仪,简单易行。

### 2. 间接定向

方法类似直接定向,只是每根钻杆的母线不一定在一条线上,只要求弯接头母线与立根钻杆(地面一根)母线最终在一条线上,每根钻杆进行编号,按顺序拧卸。最后,根据立根钻杆的标记,调整方位角。

以上两种方法,在造斜后,用测斜仪或单点定向测斜仪进行测定,以确定是否需要继续造斜。

### 3. 随钻定向

将随钻定向仪或指示器装于钻具中,一面钻进,一面随时把孔底钻具方向的信息传到地面,然后按此信息把钻具调整到预定方向。这种定向方法是先进的,是今后定向技术的发展方向。

笔者相信,这种定向钻孔新技术,将会在水力水电事业上得到应用。

表 3

斜造工具	弯 接 头			弯外壳		
造斜工具角度	1.5°	1.5°	1.5°	1.5°	1.5°	1.5°
造斜强度 $K$ 度/米	0.27°	0.27°	0.118°	1°	0.8°	0.8°