大口径工程孔中随钻定向钻探的使用方法及应用效果

张仲福　王伟　周青荔

(甘肃酒泉工程勘察院　甘肃酒泉 735000)

摘　要:普利门 DST 有线随钻测井仪、φ120 螺杆钻具在大口径工程孔定向钻进中配合使用,可精确控制钻孔轴线方向,进行随钻定向钻探,成功实现遥控钻进。

关键词:随钻仪　螺杆钻　大口径定向钻探

1　工程概况

甘肃酒泉工程勘察院 2003 年 6 月在金川集团有限公司承揽了四个大直径工程钻孔(F17 以东排水排泥及供风供水钻孔),其中 φ311mm 的孔 2 个,φ430mm 的孔 2 个,单孔深 674.5m,均要求终孔点水平偏距不超过 6.75m,成孔后下入 φ219 ～325 无缝钢管,固井后交工。该工程总造价 412 万元。地层以触变大理岩为主,白—灰白色,中粒、块状,由白色方解石、蛇纹石、绿泥石、少量云母、微量磁铁矿组成。岩石级别 V 级,0～400m 孔段较破碎,互层较频,易造斜,有轻微掉块、缩径, 400m 以下地层相对稳定。

2　施工设备及配套机具

(1)钻机:TSJ-1000 水源千米钻机,配 24 米人字塔,500kN 通水器(芯管内径 53mm)。

(2)泥浆泵:TBW850/50,配 φ120 小钢套,配并泵用稳压罐 1 个,额定压力 10MPa。

(3)旋流除砂器一台。

(4)钻具:φ219 钻铤 8m,φ159 钻铤 72m,φ121 钻铤 40m(纠斜用),φ89 钻杆 800m。

(5)普利门 DST 有线随钻测井仪:外径 45mm,测量精度:井斜±0.2°,方位±1.5°,工具面±1.5°。配无磁钻铤一根 9.18m。

(6)螺杆钻具:5LZ120×7.0 型,长 4.88m,带 0.75°弯外管,弯点到钻头距离 1.41m,液动马达流量 5.78～15.8L/s,压降 2.5MPa,额定扭矩:1300 N·m,最大扭矩 2275 N·m,配 φ6″牙轮钻头及带导向扩孔钻头。

(7)通缆水接头:自加工;定向接头:自加工;定向板:自加工。

(8)定向引鞋,铠装 φ8 单芯电缆 1000m(电阻 12～15Ω)。

3　传统的保直措施

因该项工程井斜要求较高,属定向钻井,故此项目采取定向钻探施工工艺。

3.1　开孔钻具结构

定向钻井中除设备安装要求“三点一线”外,对开孔要求严格,同时开孔是否打直,是顺利完成该项目的关键,也是使用“满眼钻具”的前提,所以要求换径处带导向,保证眼开正、孔开直。开孔过程中可采用短钻铤在 3、4 之间逐渐加长钻具,开孔 10m 后方可取掉导向,见图 1。

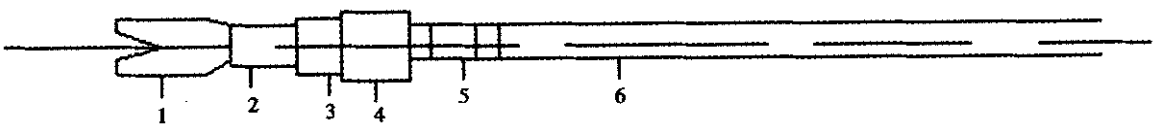


图 1

1、钻头　2、接手　3、扶正器　4、导向　5、接手　6、方杆

注:扶正器为三片螺旋形扶正器,外径比钻具外径小 4～6mm。导向外径比井口管外径小 4～6mm。

3.2　孔底加压和满眼钻具结构

为减少钻杆在钻进过程中的造斜作用,要求孔底加压,中和点落在钻铤上部,且在使用过程中需用拉力表检查中和点位置。依据满眼钻具工作原理,可分别计算出钻具保持刚直度的最大距离 hc,钻头到上扶正器的临界距离 hm,依据计算结果确定结构如图 2。

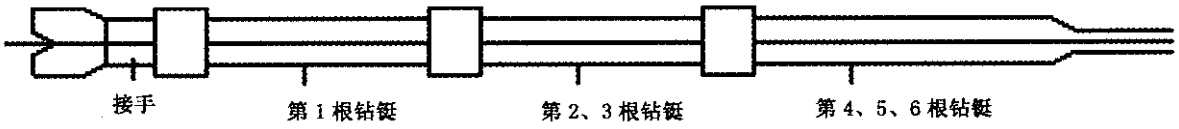


图 2

$$hc = 1.44\sqrt{\frac{J}{P}} \qquad h_m = 3.39\sqrt{\frac{C}{\Delta\theta \cdot (1-\alpha^2) \cdot \alpha}}$$

$h_{上}=0.48(h_c+h_m)=22-32\text{m}$

$h_{中}=0.4\text{h}=8-13\text{m}$

$h_{下}=1\text{m}$ 左右

$h_{上}$、$h_{中}$、$h_{下}$：分别为上、中、下扶正器到钻头的距离。

3.3　钟摆钻具结构

在满眼钻具结构不能满足质量要求时，可采用钟摆钻具降斜，依据鲁宾斯基曲线图（无因次图表）可查得扶正器的理想位置 28～32m。

3.4　及时测斜，依据测点参数，绘出钻孔轴线图及时调整钻具结构。

4　螺杆钻具纠斜

在绘出钻孔轴线图后，确认坐标已偏出靶区或可能偏出靶区时可用螺杆钻进行定向钻进。

4.1　倾斜平面法计算造斜钻具的各项参数

依据钻孔轴线定向位置计算结果表，可确定定向设计基本参数，用倾斜平面法计算公式或相应的计算机软件，可方便地计算出定向钻进用公式参数。

表 1　　1# 孔钻孔轴线定向位置计算结果表

测点号	测斜数据			测点坐标			水平位移
	孔深(m)	顶角(Az)	方位(θ)	ΔX	ΔY	ΔZ	
0	0	0	0	0.0000	0.0000		
1	20	0.4	324	0.0664	−0.0216		
2	40	0.3	372	0.1195	−0.0254		
3	60	0.4	364	0.1207	−0.0191		
4	80	0.5	310	0.1446	−0.0614		
5	100	0.5	356	0.1556	−0.0792		
6	120	1.0	367	0.2598	0.0319		
7	140	2.2	324	0.5394	−0.1445		
8	160	2.6	37	0.8375	0.0000		
9	180	1.8	30	0.6402	0.4238		
10	200	1.3	61	0.2813	0.2863		
11	220	1.6	55	0.2682	0.4292		
12	240	0.9	63	0.2247	0.3739		
13	260	1.3	71	0.1407	0.3572		
14	280	1.6	78	0.1224	0.4910		
15	300	1.3	82	0.0879	0.4984		
16	320	1.4	79	0.0778	0.4991		
17	340	1.5	89	0.0529	0.5060		
合计				4.1396	3.5501	ΔZ	5.4505

计算方法：均角全距法　　坐标体系：X 正向磁北　Y 轴 90°　Z 轴向下

表 2　　1# 孔定向设计基本参数

造斜点孔斜			造斜点坐标			靶点坐标		
孔深(m)	顶角(Az)	方位(θ)	X_k	Y_k	Z_k	X_b	Y_b	Z_b
340	1.5	89	+4.1396	+3.5456	339.8974	0	0	−674.5

表 3　　公式参数

造斜率	全弯曲角	造斜段长(m)	稳斜孔段长(m)	反扭矩角	工具面
i	r	L1	L2		φ2
0.1	2.8632°	28.6	298.72	16～22°	220.5°

万方数据

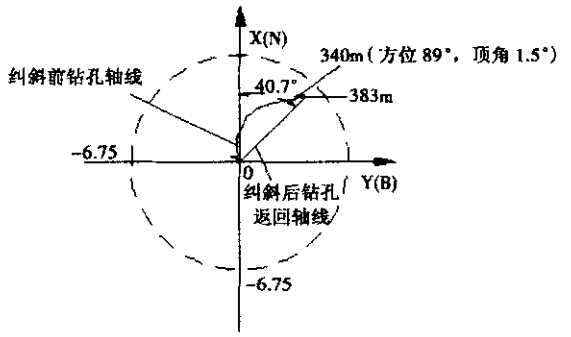


图3 1#钻孔轴线水平投影(纠斜)

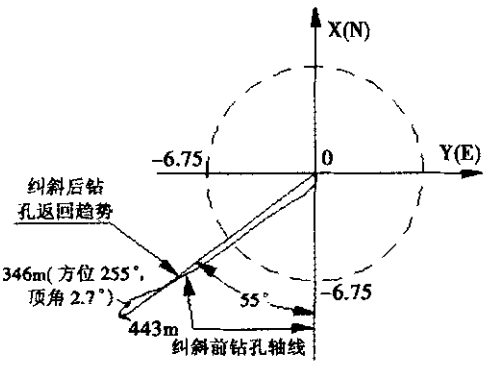


图4 2#钻孔轴线水平投影(纠斜)

4.2 平面设计法

在钻孔顶角小于5°时(厂方建议小于5°)利用DST随钻定向仪磁工面的特性,根据钻孔轴线的水平投影图,或造斜点X、Y点坐标作图或计算出磁工面的方向。

4.3 造斜钻进

(1)钻导向孔(φ152)

考虑现有设备能力,无法用螺杆钻进行同径纠斜,改用φ120螺杆钻具、φ152牙轮钻头纠斜钻进,再扩孔即可。先在造斜点钻导向孔5m(螺杆钻全部进入小眼),为使导向孔居中,导向钻具见图5。

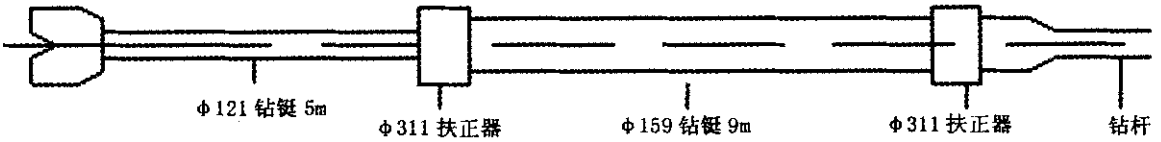


图5

(2)测定向钻具装合差

DST系统由三个两两正交的加速度计,三个两两正交的磁通门,及相应的电子线路组成。因其自身的工作特点,利用重力工具面可以方便地校正装合差,利用磁工面可以方便地控制安装角。在地表组装好定向钻具,水平放置,使该钻具弯曲母线处于高点(使用自制定向板,使重锤指针指向螺杆钻母线),DST测井仪引鞋入键,利用DST测井仪自动校正装合差,使起点为零度。

(3)钻进

按纠斜钻具结构下钻,带有定向接头的螺杆钻下入孔内后,随钻仪通过电缆从主动钻杆的通缆水接头下入,使其引鞋入键三次(可通过控制面板上的MS、MHS读数可判断是否入键),仪器探管位于定向接头上的无磁钻铤之中,此时,可通过转动转盘,(顺时针转动),来调整工具面向角,使其等于设计面向角,固定好转盘(以防反转),离孔底0.5~1.0m即可开泵钻进,泵量450~500L/min,压力25~35kN,随钻泵压3.5~4.0MPa,反扭矩角16~22°。因该项目实现了随钻定向,地面计算机系统随时显示孔底方位,顶角和工具面向角,因此地面很容易及时调整工具面向角,也可根据所显示的数据,及时计算出钻孔轴线,并可预测钻孔X、Y坐标的变化趋势,作为地面转动工具面向角的依据。

(4)扩孔钻进

螺杆钻具在钻进20~40m后,根据孔内情况,用带导向的φ311扩孔牙轮钻头扩孔(预留5m,以便下回合纠斜)。扩孔后,用随钻仪测孔,直到钻孔达到设计要求。

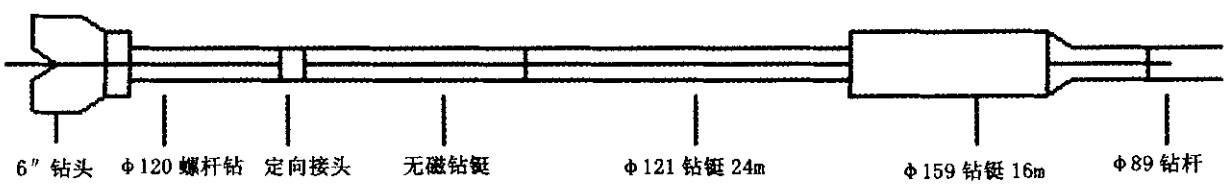


图6

万方数据

(5)稳斜段钻进

通过测井,确认达到设计方位和顶角后,可预测出终孔点坐标,此时需用传统保直钻具结构中的"满眼钻具结构"稳斜,因 400m 以下地层较稳定,稳斜钻具结构取得了良好的效果。

5　泥浆的使用

受市场的影响,该工程前期主要使用普通粘土泥浆,因其泥皮过厚,失水量过大,掉块与缩径现象较严重,1# 孔施工至 210m 时,发生严重孔内事故,在后期施工中,使用了优质膨润土与广普泥浆处理剂,对于预防孔内事故取得了良好的效果。

泥浆配方:水 $1m^3$ + 膨润土 150kg + 2～5kg 处理剂 + 少量碱

表 4　　泥浆性能参数

漏斗粘度	失水量	比重	含砂量	PH 值	泥皮厚度
25～30s	5～10mL/30min	1.05～1.08	<1%	8～10	<0.5mm

6　技术改造

(1)并泵的使用

由两台 TBW850/50 水泵和一个稳压罐组成,使上返流速达到 0.41m/s,确保了孔内干净。

(2)扶正器的加工和使用

因孔径较大,而现有钻具为 φ159 钻铤及 φ89 钻杆,故加工了比孔径小 4～6mm 的三片螺旋形扶正器,对钻孔保直和减少断钻事故的发生取得了良好的效果。

(3)φ120 小缸套的使用

TBW850/50 水泵,在全泵量随钻时,泵压超载达 6.0MPa 以上,使用其配套的 φ120 小缸套,减少水泵排量,降低泵压以满足螺杆钻的工作需要。

(4)自制通缆水接头

为确保随钻的需要,加工此接头,内径 φ53mm,封水性能良好,操作简单方便。

(5)孔底单向阀的加工

单向阀下部为水泵三爪总成,上部为防反转的钻杆接头,两部分由 φ5mm 的销子连接,注浆后拔断销子即可。

7　定向钻进效果

1# 钻孔 340m 时,顶角 $\theta=1.5°$,方位角 $Az=89°$,水平偏距 5.4505m,有继续增大水平偏距的趋势,按设计工具面纠斜,共纠斜钻进 43m,方位角纠回到相反方向 $Az=225°$,$\theta=1.0°$,稳斜钻进至孔底后 $\Delta X=1.16m$,$\Delta Y=-0.96m$。水平偏距1.506m,达到预期目的。

2# 钻孔 346m 时,顶角 $\theta=2.7°$,方位角 $Az=255°$,水平偏距 13.988m,已超出靶区,按设计面向角纠斜,共纠斜钻进 87m,将钻孔方位纠回到相反方向,到 433m 时,$Az=53°$,$\theta=2.6°$,稳斜钻进至终孔,孔底坐标 $\Delta X=-3.276m$,$\Delta Y=-4.779m$,水平偏距 5.79,到达靶区。

3# 钻孔:因加密测井,发现顶角 $\theta>1.5°$时,及时用螺杆钻纠斜(降顶角),钻孔终孔坐标 $\Delta X=--+2.63m$,$\Delta Y=-1.72m$,水平偏距 3.14m,中靶。

4# 钻孔加密测井,及时纠斜,钻孔终孔坐标 $\Delta X=--+2.12m$,$\Delta Y=-1.72m$,水平偏距 2.67m,中靶。

8　结束语

(1)螺杆钻具配合 DST 随钻仪,可满足大口径工程孔定向钻进的需要。只要有合适压力和排量的泥浆泵,并配以相应的螺杆钻具,可以实现遥控钻进,做到"指到哪,打到哪"。对于该项目 0.75°的弯外管,造斜率 0.7°/10m 略小,且在施工过程中因操作因素影响实际造斜率约为 0.6°/10m 比设计略小,造斜段长度比设计造斜段长度更长,故此类工程孔 Y 宜选用 1°～1°15′弯外管,可达到 1°/10m 的效果,在满足工程需要的前提下可节省纠斜工作量。

(2)螺杆钻在使用时,应配以优质轻泥浆,并配用除砂器,减少泥浆含砂量,以延长螺杆钻的使用寿命。自制的通缆接头,定向接头与定向板,加工简单方便,可满足定向钻进需要。

(3)定向孔的施工,还应以"预防为主,防治结合"的方针,充分利用自然弯曲规律,在易斜段加密测井,随时监测钻孔走向,最好在靶区内纠斜,以较少的纠斜工作量完成定向钻进。

(4)螺杆钻具与 DST 随钻测井仪,应严格按各自的操作规程操作和保存。DST 随钻定向仪具有精度高,随钻方便,抗振动,地表显示直观等优点,适宜于定向钻探。

(收稿日期:2004 年 11 月 3 日)

The Application and Effect of MWD in Large Diameter Engineering Hole

万方数据