

H024U 井施工工艺及精确中靶技术措施

隆东¹, 张新刚¹, 岳刚², 向军文¹, 胡汉月¹, 刘志强¹

(1. 中国地质科学院勘探技术研究所, 河北 廊坊 065000; 2. 东北煤田地质局 103 勘探队, 辽宁 辽阳 111000)

摘要:水平井 H024U 用于连通第一靶点直井 V024 和第二靶点直井 V024U。在该井组施工过程中, 采用了先进的对接井施工工艺与具有高技术含量和自主知识产权的高精度磁测中靶系统。结合土耳其贝帕扎里天然碱矿三期工程 16 口水平井的施工经验, 精心设计和控制钻井参数, 以最佳准确度成功命中第二靶点, 实现了井组精确连通的目的。

关键词:定向对接井; 轨迹调整; 高精度磁测中靶系统

中图分类号: P634.7 **文献标识码:** A **文章编号:** 1672-7428(2011)03-0005-04

Construction Technology of Well H024U and the Technical Measures of Accurate Target Hitting/LONG Dong¹, ZHANG Xin-gang¹, YUE Gang², XIANG Jun-wen¹, HU Han-yue¹, LIU Zhi-qiang¹ (1. The Institute of Exploration Techniques, CAGS, Langfang Hebei 065000, China; 2. 103 Exploration Team, Northeast Coalfield Geological Bureau, Liaoyang Liaoning 111000, China)

Abstract: The horizontal well H024U is used to connect the first and the second target-vertical well V024 and V024U. The advanced construction technology of brine mining connection well and the magnetic measurement guiding system with high technology content & independent intellectual property right manufactured by the Institute of Exploration Techniques (achievement of geological investigation project) were adopted in the construction. Based on the construction experience of horizontal wells in Turkey, the drilling parameters were carefully designed and controlled, accurate target hitting was realized with hitting the production casing bottom of V024U to realize the accurate well connection.

Key words: directional butted wells; trajectory adjustment; accurate target hitting by magnetic measurement

1 工程概况

土耳其贝帕扎里天然碱矿位于贝帕扎里晚第三纪盆地, 盆地的底板是由古生代—始新世的变质岩、酸性深成岩、火山岩组成。

贝帕扎里碱矿的沉积形态大致受区域地质构造的影响(断层和褶皱)。碱矿中心受坎塞维(Kanlice-viz)断层影响分成 2 个区域, 分别称为西部爱尔迈玻利矿区(Elmabeli)和东部阿利塞基矿区(Ariseki)。在阿利塞基矿区内有 4 条横切矿床的断层, 将矿区划分为 5 个矿块。

贝帕扎里矿区地层依次为札维依(Zaviy)、卡基鲁巴(Cakiloba)、沙里亚吉尔(Saragil)、卡拉杜鲁克(Karadoruk)、河卡(Hirka)和玻亚利(Boyalı)地层。

碱矿层位于主要由粘土层和含沥青的页岩组成的河卡地层中, 埋深在 250~430 m 之间。在纵向上碱矿层分为 2 个矿组, 每个矿组含 6~7 个主矿层, 上部矿组划分为 U1~U6 共 6 个单层, 累计矿层厚度为 11~21 m; 下部矿组划分为 L1, L2-1, L2-2, L3, L4, L5, L6 共 7 个单层, 累计矿层厚度为 6~16 m, 共 13 个单层。矿组之间为厚度 20~25 m 含粘土的淡化

层。

H024U 井的主要目的是连通第一靶点 V024 井和第二靶点 V024U 井。V024 井两年前已完井, 其终孔位置位于 L3 碱层, 井内下有表层套管、生产套管和中心管。生产套管下至 L3 顶板以下 20 cm 处。V024U 是三期钻井工程施工的一口直井, 钻至碱层 U6, 井内下有表层套管、生产套管和中心管。生产套管下至 U6 顶板以下 20 cm。

H024U 的目标矿层是上部矿组中的最下面一层 U6。钻进轨迹需从 V024 生产套管旁边经过, 然后继续水平钻进并连通第二靶点 V024U。V024 需后期要通过在套管内射孔与 H024U 和 V024U 连通。

3 口井的井口坐标分别是:

H024U: $X = 450137.269, Y = 402877.440, Z = 891.977;$

V024: $X = 450366.730, Y = 402875.973, Z = 870.900;$

V024U: $X = 450616.843, Y = 402872.757, Z = 879.696.$

H024U 轨迹如图 1 所示。

收稿日期: 2010-10-12; 修回日期: 2011-02-14

作者简介: 隆东(1984-), 男(汉族), 四川资中人, 中国地质科学院勘探技术研究所助理工程师, 勘查技术与工程专业, 从事受控定向钻进对接井施工与相应科研项目研究工作, 河北省廊坊市金光道 77 号, jinxi0901@qq.com。

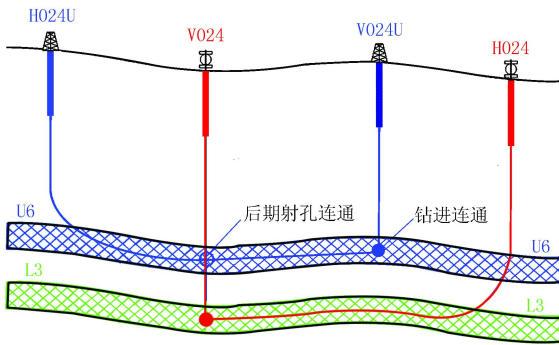


图1 H024U 轨迹示意图

2 施工工艺

H024U 井施工井段包括直井段、造斜段和水平段。

2.1 直井段

根据第一靶点已有垂直井V024的U6矿层顶

板和底板实际数据和设计曲率半径,直井段设计深度 210 m。直井段采用 $\text{O}311.1$ mm 三牙轮钻头,转盘回转钻进,钻过第一层位于 95 ~ 135 m 容易漏失的坚硬硅化灰岩层,钻入从 195 m 开始的第二层硅化灰岩至设计深度 210 m 结束。测井,然后下入 $\text{O}244.5$ mm 表层套管至指定深度,水泥固井,候凝 48 h。

2.2 造斜段

2.2.1 造斜段设计

根据第一靶点已有垂直井 V024 的 U6 矿层顶板和底板实际数据,造斜段曲率半径设计为 181.37 m,平均造斜率 $0.31^\circ/\text{m}$ 。H024U 与第一靶点 V024 沿线距离为 229.47 m,连线方位为 359.63° 。造斜段的矿层(U1 ~ U6)均设计为与 V024 井的矿层平齐,设计矿层数据如图 2 所示。

根据设计,造斜段需要钻进至 494 m(测深)才

A	B	C	D	E	F
水平井H024U	矿层顶底板(设计垂深)	第一靶点V024	矿层顶底板(实际数据)	第二靶点V024U	矿层顶底板(实际数据)
H024U比V024高 21.077		U1		U1	
V024U比V024高 8.796	354.89	U2	333.81	U2	347.75
	361.28		340.20		351.60
	366.83	U3	345.75	U3	358.50
	369.03		347.95		361.80
	379.75	U4	358.67	U4	371.95
	385.38		364.30		376.45
	387.35	U5	366.27	U5	378.65
	390.26		369.18		381.20
	391.37	U6	370.29	U6	382.90
	392.98		371.90		384.40

图2 矿层垂深数据图

能进入 U6 矿层。由于螺杆的原因,伽马测碱仪器不能下至孔底,只能测得孔底以上约 7 m 处的矿层,所以造斜段设计钻至 506 m,以确保伽马测碱仪器能确认钻进轨迹已经进入 U6 矿层。

2.2.2 造斜段施工

造斜段开孔,采用 $\text{O}200$ mm 三牙轮钻头 + $\text{O}120$ mm、弯度 1.75° 螺杆 + 定向接头 + 无磁钻铤 + $\text{O}73$ mm 钻杆 + 3 柱钻铤 + 主动钻杆的钻具组合。扫水泥塞,钻出套管 10 m 后下入随钻仪定向钻进。采用三牙轮钻头钻至进尺变慢,确认钻过坚硬的硅化灰岩层,进入质软绿色粘土岩层。因为三牙轮钻头钻进软岩层时会产生严重泥包,所以进尺变慢,这也是钻过硅化灰岩层的标志。提钻换适宜钻进软岩层的刮刀钻头。

提钻后发现三牙轮钻头严重泥包。根据设计轨迹的造斜率要求,需要用 $\text{O}120$ mm、弯度 1.75° 螺杆继续钻进至 256 m 才能满足设计的造斜率,确保最后准确进入 U6 矿层。钻进至 256 m,实钻轨迹与设计轨迹符合得很好。由于顶角的增大,如果继续采

用 1.75° 螺杆钻进,造斜率将偏大而导致钻进轨迹不能进入 U6 矿层。提钻换造斜率较小的 $\text{O}120$ mm、 1.25° 螺杆继续钻进至 351 m 再次提钻。这样做有以下 3 方面目的:(1)对钻孔孔壁进行修整,以使得孔壁更加规则平滑;(2)把硬度高,不易弯曲的 3 柱钻铤倒装到钻具组合的上部,避免由于不易弯曲的钻铤出套管导致钻进受阻;(3)刮刀钻头长时间钻进会泥包严重,更换新的刮刀钻头,以提高钻进效率。

下钻继续钻进至 382 m,此深度为设计的 U2 顶板,由于岩屑上返至井口需要一定的时间,在钻进至 384 m 时,观察岩粉,含有大量碱,初步确认进入 U2。继续钻进至 411 m,进尺突然变慢,并返出深黑色沥青页岩,根据地质资料分析,此段为 U3 ~ U4 之间的标志层。继续钻进至 438 m,此处为设计 U4 顶板,观察岩粉,没见到碱粒。继续钻进至 440 m,进尺突然变快,观察岩粉,见大量碱粒,确认进入 U4。矿层 U4 顶板下沉。进入 U4 后,顶角增大到 71° ,钻具由于自重和轨迹角度原因,更加贴着井壁下方,摩擦增大;同时由于刮刀钻头的特性,在钻进矿层 U4、

U5、U6 时,较之钻进下部矿层之间的夹层的进尺速度要明显慢很多。钻进到 495 m,进尺速度突然从 1 m/3 min 降低至 1 m/20 min,同时观察岩粉,发现大量碱粒,初步确定进入矿层 U6。继续钻进 11 m 至设计深度 506 m 后进行伽马测井。

2.2.3 根据矿层 U4 顶板走势判断主矿层 U6 走势

根据地质取心资料统计得出, U3 与 U4 之间存在标志性的深黑色沥青页岩。据此可以根据矿层 U4 顶板的走势判定主矿层 U6 的走势。根据设计,矿层 U4 与矿层 U6 是平行的,所以如果矿层 U4 顶板下沉,那么矿层 U6 顶板也应该下沉。根据平行线的特性,矿层 U6 在进入 U4 的沿线距离上应该下沉同样的深度(如图 3),从而可以推算出在进入矿点处矿层 U6 顶板的下沉量。

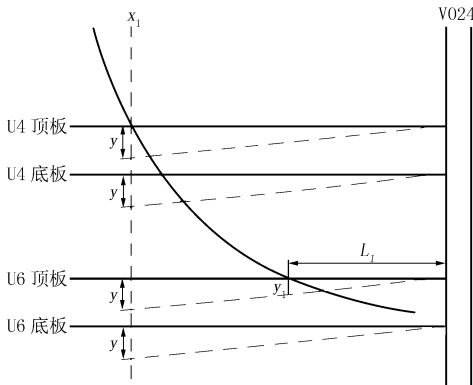


图 3 U6 顶板下沉量计算示意图

主矿层 U6 顶板在进入矿点处的下沉量 y_1 计算如下:

$$\frac{y}{L - x_1} = \frac{y_1}{L_1}$$

$$y_1 = \frac{y}{L - x_1} \times L_1$$

式中: x_1 ——钻进轨迹按设计进入 U4 顶板的沿线距离; y ——U4 顶板在沿线距离 x_1 处的下沉量; L ——H024U 与 V024 的沿线距离; y_1 ——U6 顶板下沉量; L_1 ——设计入矿点与第一靶点 V024 沿线距离。

根据此原则编制了判断矿层 U6 顶板上升量或者下沉量的计算程序(如图 4 所示)。

根据标志层顶板推测U6顶板上抬量或下沉量	
H024U	
设计进矿沿线X提前量	45
标志层	U4
U4顶板测深	440.30
U6顶板下沉	0.33
U4顶板测深对应沿线X	132.66

图 4 根据标志层顶板判定 U6 矿层走势计算程序

通过计算,推测出矿层 U6 顶板的大致走势,从而可以提前调整钻进轨迹,使得钻进轨迹更好的进入主矿层 U6。根据定向钻进轨迹计算程序(如图 5 所示),U4 顶板测深 440.3 m 对应的沿线距离为 132.66 m,垂深 -380.46 m,设计 U4 顶板垂深为 -379.75 m,则此处 U4 顶板下沉 0.71 m。根据前面所述原则,U6 在沿线距离 132.66 m 处也该下沉 0.71 m。设计轨迹在第一靶点之前沿线距离 45 m 进矿,计算出此处顶板下沉量为 0.33 m。将数据处理后画入图中,得出主矿层 U6 下沉后的示意图(如图 6 黄线所示),再通过定向钻进轨迹计算程序控制轨迹准确进入矿层 U6。

造斜段钻至 506 m 进行电测井。根据计算判断钻进轨迹已经进入主矿层 12 m,减去不能测到的 7 m,电测井结果应该显示 5 m 左右在主矿层中。根据测井结果显示,测量结果和预测结果符合得很好。

根据电测井结果确认 U6 矿层顶板测深为 497 m,对应沿线 188.34 m,在第一靶点以前 41.13 m 进入主矿层。根据判定 U6 矿层走势计算程序,计算出在第一靶点以前 41.13 m 处 U6 矿层下沉 0.3 m,实际下沉 0.27 m。说明此计算程序可以很好地预测主矿层 U6 的走势情况,从而可以提前调整参数使得轨迹更好地进入主矿层 U6。

计算		对比		SPUD2		SPUD3		钻井轨迹计算程序					
井深	顶角	方位角	井深	顶角	方位角	工具角	造斜率	对比 X	对比 Y	X计算值	Y计算值	垂深	
(m)	(°)	(°)	(m)	(°)	(°)	(°)	(°/m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	
1000.00	0.01	0.01	510.80	88.00	355.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
436.30	70.70	353.80	436.30	70.70	353.80	270.00	0.38	128.74	-3.10	128.88	-3.11	-379.16	
437.30	70.80	354.20	437.30	70.80	354.20	75.17	0.39	129.68	-3.09	129.83	-3.11	-379.49	
438.30	71.00	354.50	438.30	71.00	354.50	54.80	0.35	130.63	-3.08	130.77	-3.10	-379.82	
439.30	71.10	354.70	439.30	71.10	354.70	62.14	0.21	131.57	-3.07	131.72	-3.09	-380.14	
440.30	71.40	355.00	440.30	71.40	355.00	43.44	0.41	132.52	-3.05	132.66	-3.07	-380.46	
441.30	71.50	355.20	441.30	71.50	355.20	62.19	0.21	133.47	-3.03	133.61	-3.05	-380.78	

图 5 定向钻进轨迹计算程序

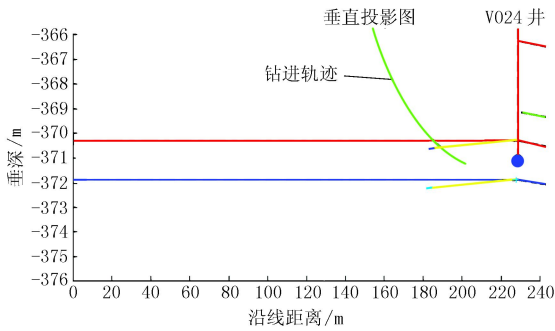


图6 矿层U6下沉后的矿层示意图

电测井确认进入主矿层U6后,通井直至钻具在钻孔内上下活动没有阻力后,下入 $\varnothing 139.7$ mm生产套管,并用水泥固井,候凝72 h。

2.3 水平段

根据V024井和V024U井主矿层实际数据显示,水平段矿层呈下倾趋势。倾角 0.4° ,V024与V024U井连线距离250.13 m,水平井H024U与二靶点井V024U距离479.6 m,连线方位 359.44° 。

水平段施工采用 $\varnothing 118$ mm刮刀钻头+ $\varnothing 95$ mm、 0.75° 螺杆+定向接头+无磁钻铤+ $\varnothing 73$ mm钻杆+方钻杆钻具组合,扫水泥塞及阻流环,钻出生产套管10 m下入随钻仪定向钻进。由于造斜段完钻还没有到达第一靶点,水平段施工开始通过定向钻进轨迹计算程序控制垂深和方位,使得轨迹尽量靠近V024的生产套管,以保证后期对V024生产套管在U6层处射孔能够连通。钻进至549 m处,随钻仪器的磁强值(B_t)和磁倾角值(D_i)异常,方位值也异常,这说明生产套管对随钻仪器产生了影响,仪器靠近V024生产套管,进一步证明轨迹很好地靠近了V024井。

通过第一靶点后提钻,换用 $\varnothing 118$ mmPDC钻头+ $\varnothing 95$ mm、 0.75° 螺杆+定向接头+无磁钻铤+ $\varnothing 73$ mm钻杆+方钻杆钻具组合。钻进轨迹进入V024和V024U之间的主矿层段。通过定向钻进轨迹计算程序,很好地确保了钻进轨迹在碱层中行进。

3 精确中靶

由于磁偏角的影响,H024U与V024U的连线方位理论计算值与实际值存在一个角度差。此角度差在不同区域,其值都不相同。由于它的不确定性对接井的中靶造成很大的影响。由于随钻仪本身的精度原因,单纯依靠随钻仪器还不能确保精确中靶。所以在钻离第二靶点V024U前45 m处,选择了中国地质科学院勘探技术研究所研制的具有高技术含

量和自主知识产权的高精度磁测中靶系统与随钻仪器结合应用,对H024U与V024U的连线方位值进行修正,并通过定向钻进轨迹计算程序的计算,设计出准确的钻进轨迹,最后实现精确中靶。

因为V024U建腔时间过短,几乎没有溶腔,所以,如果单纯依靠随钻仪器欲与第二靶点V024U连通的可能性很小。因此,H024U钻离第二靶点45 m处提钻,在钻头后加上长度为0.5 m的磁性接头,在第二靶点V024U中下入高精度磁测中靶仪。

H024U此段钻进采用 $\varnothing 118$ mmPDC钻头+磁性接头+ $\varnothing 95$ mm、 1.25° 螺杆+定向接头+无磁钻铤+ $\varnothing 73$ mm钻杆+方钻杆钻具组合。每钻进完一根(9.5 m左右),从第二靶点直井V024U中的高精度磁测中靶仪取得由H024U孔底磁性接头旋转产生的信号而得到的数据,通过专用计算软件处理数据,计算出钻头此时距离第二靶点靶心的距离、左右偏移量和上下偏移量。通过测得的左右偏移量和上下偏移量对定向钻进轨迹计算程序中的H024U与V024U的连线方位值进行修正并设计下一单根的钻进轨迹。

H024U钻进至沿线距离478.99 m处,泵压突然升高至15 MPa,将钻具提离井底少许,泵压恢复正常,说明泵压升高是由于钻头突然停止转动造成的。上提钻具1 m左右再次慢慢下放,钻具顺利通过478.99 m,钻至479.98 m,最后一根单根钻进完成。没能立即连通,泥浆仍然循环正常。钻具仍然放在孔底,开泵循环,以期循环一定时间能连通。但是并没有取得效果。于是决定上下活动钻具,上提钻具到478.99 m时遇阻,上提困难,加力上提,钻具顺利上行,分析认为此处为V024U生产套管。上提2 m再放入井底,泥浆突然断流,从V024U确认泥浆完全从V024U井口返出,确认连通。提钻后发现磁性接头上有大量铁屑,同时因为H024U与V024U已经连通,确认打中V024U的生产套管底部,达到了精确中靶。

4 结语

H024U直接击中V024U井生产套管底部并成功实现精确连通,有如下几方面因素:

(1)总结并应用了土耳其三期工程16口水平井的施工经验;

(2)通过定向钻进轨迹计算程序对3个施工井段的准确设计;

(下转第12页)

4 结论

4.1 现场使用过程中出现的问题

(1) 套管在浅孔时,跟管速度很快,套管承受冲击载荷的时间较短,而其自身的强度能够满足跟管钻进的需要,并未发生过破坏。

(2) 随着孔深的增加,冲击载荷时间大幅度增加,此时,在套管的最后一道螺纹和退刀槽位置发生疲劳破坏,导致套管与管靴连接位置断裂。而容易发生套管疲劳破坏的钻孔深度大于 26 m,套管承受的冲击力次数已超过生命周期 54000,套管断裂的位置与疲劳破坏的生命周期,与有限元分析的结果基本一致。

(3) 随着套管的重复利用,套管螺纹疲劳破坏情况严重,套管螺纹位置也产生形变。导致跟管或拔管过程中螺纹发生脱扣。

4.2 就现场出现的问题的改进方案

为了使跟管钻进技术能够在更深孔中得到应用,以及延长套管的使用寿命,我们对套管结构进行优化设计,采取的主要措施为:

(1) 处理套管材料,使其力学性质和耐摩擦能力得到提高,适当时可使用加套管接头的方法来保

证其刚性。

(2) 增加套管的厚度,将套管与管接头加工成内外同径,套管的壁厚采取 7 mm,使套管的屈服强度大幅度提高。

(3) 重新设计套管螺纹的尺寸表,提高其套管的抗拉和抗疲劳强度。我们采取的套管螺纹为梯形螺纹,公称外径为 140.5 mm,内径为 137.5 mm,螺距为 6 mm,牙高为 1.5 mm,齿形倾斜角度为 5°。

参考文献:

- [1] 王茂森. 全孔反循环潜孔锤参数优化及其钻进工艺研究[D]. 吉林长春: 吉林大学, 2007.
- [2] 博坤, 殷琨, 王茂森. 贯通式潜孔锤反循环钻进技术在矿区勘探中的应用研究[J]. 金属矿山, 2009, 393(3): 133-136.
- [3] 王茂森, 殷琨, 陈宝义, 等. 复杂地层钻进中贯通式潜孔锤的应用及反循环钻头的改进[J]. 煤田地质与勘察, 2005, 33(5): 79-80.
- [4] 李冬霜, 王茂森, 梁毅. 洛阳栾川钼矿复杂地层钻进工艺研究与实验[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2009, 36(6): 10-12.
- [5] 赵建勤, 李子章, 石绍云, 等. 空气潜孔锤跟管钻进技术与应用[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2008, 35(7): 55-59.
- [6] 耿瑞伦. 跟套管钻进技术及其应用[J]; 地质装备, 2000, (3).

(上接第 8 页)

(3) 在造斜段, 使用了适宜的钻具组合, 根据设计造斜率适时更换适宜弯度的螺杆, 根据标志层 U4 对矿层 U6 走势的判断计算程序的计算, 通过定向钻进轨迹计算程序, 提前调整轨迹使之准确进入了主矿层 U6;

(4) 在水平段, 定向钻进轨迹计算程序很好地确保了钻进轨迹在碱层中行进;

(5) 高精度磁测中靶系统与随钻仪器结合应用, 对 H024U 与 V024U 的连线方位值进行了修正, 并通过定向钻进轨迹计算程序的计算, 设计出了准确的钻进轨迹, 实现了精确中靶。

H024U 与 V024U 的精确连通表明, 高精度磁测中靶系统与随钻仪器结合应用对水平井组中靶起到了关键的作用。在远靶点区域, 利用定向钻进轨迹计算程序的计算和良好的轨迹设计方案, 使钻进始

终保持在矿层中行走; 在进入近靶点区域后, 利用高精度磁测中靶系统对随钻测斜仪产生的误差进行修正, 可实现精确中靶, 从根本上解决了传统工艺的低中靶连通率的问题。

参考文献:

- [1] 江天寿. 受控定向钻探技术[M]. 北京: 地质出版社, 1994.
- [2] 刘海翔, 向军文, 刘志强. 基于 EXCEL 的定向钻井应用程序及其工程应用[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2010, 37(2): 14-16.
- [3] 向军文. 关于定向井数据的精确处理问题探讨[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2007, 34(9): 37-38.
- [4] 韩志勇. 关于子午线收敛角校正问题[J]. 石油钻探技术, 2006, 34(4): 1-4.
- [5] 杨涛. 定向井井身轨迹的计算方法[J]. 中国煤炭地质, 2009, 21(1): 74-75.
- [6] 向军文, 胡汉月, 刘志强. 土耳其天然碱 30 对对接井钻井工程[J]. 中国井矿盐, 2007, 38(5): 25-28.