

多分支水平对接井技术在土耳其天然碱溶采中的应用

张新刚, 涂运中, 刘汪威, 刘海翔

(中国地质科学院勘探技术研究所, 河北 廊坊 065000)

摘要:多分支井钻井技术是水平井技术的延伸和发展,是一种提高采收率及提高油气开采经济效益的技术手段,该技术已被广泛应用到油气田开发,但是用于开采可溶性矿产方面还不很常见。本文以土耳其卡赞天然碱溶采工程中的 H032 井为例,介绍了该技术在天然碱水溶开采中的应用。通过定向钻井技术,在一口主井中分支出 2 条平行井眼,分别与 2 口直井对接连通,形成 2 条采矿通道。在分析碱矿开采中应用多分支水平对接井技术施工难点的基础上,重点介绍了分支井钻井工艺技术,包括井身结构设计及优化、悬空分支技术、钻头及钻具组合设计及优化、钻井液设计等。

关键词:多分支水平井;对接井;天然碱矿;水溶开采;悬空侧钻技术;固井方法;土耳其

中图分类号:P634.7;TD87 **文献标识码:**A **文章编号:**1672-7428(2020)08-0043-07

Application of multi-lateral horizontal intersected well drilling technique in Turkish trona solution mining

ZHANG Xingang, TU Yunzhong, LIU Wangwei, LIU Haixiang

(Institute of Exploration Techniques, CAGS, Langfang Hebei 065000, China)

Abstract: Multi-lateral well drilling is the extension and development of horizontal well drilling and an effective tool for improvement of oil and gas recovery and economics. It is widely applied in oil and natural gas exploitation, but rarely in soluble mineral production. In this paper, the application of the technique in trona mining is introduced in the case of H032 well drilling at the Kazan Trona Mine. With the help of directional drilling technique, two parallel horizontal laterals were drilled from one main well bore to connect two pairs of vertical wells respectively to form 2 mining passages. The difficulties in applying the technique in the trona mine project is analyzed with focus on the multi-lateral drilling process, such as well structure design and optimization, suspended sidetrack drilling, drill bit and BHA design and optimization, drilling fluid design, etc.

Key words: multi-lateral well; intersected well; trona mine; solution mining; suspended sidetrack drilling technique; cementing method; Turkey

0 引言

分支井是指在一口主井眼的底部钻出 2 口或多口进入目的矿层的分支井眼(二级井眼),甚至再从二级井眼中钻出三级子井眼。主井眼可以是直井、定向斜井,也可以是水平井。分支井眼可以是定向斜井、水平井或波浪式分支井眼。目前,在可溶性矿的开采中多数使用垂直井、定向井、对接井,但是在

可溶性矿的开采中利用分支井技术的并不多,土耳其卡赞天然碱矿开采钻井项目中设计使用了分支井技术^[1-2],本文以 H032 井的设计施工为例,介绍该技术在天然碱水溶开采对接井中的施工过程及工艺技术。H032 井设计由 1 口水平井分支对接 2 个垂直井组,每个垂直井组有 2 口垂直井,最终实现 1 口水平井对接 4 口垂直井。

收稿日期:2020-07-05; 修回日期:2020-07-17 DOI:10.12143/j.tkgc.2020.08.008

基金项目:中国地质调查局地质调查项目“土耳其卡赞-贝帕扎里天然碱矿探采方法技术合作”(编号:DD2019090602)

作者简介:张新刚,男,汉族,1980 年生,高级工程师,地质工程专业,从事受控定向钻进连通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,zhxingang@126.com。

引用格式:张新刚,涂运中,刘汪威,等.多分支水平对接井技术在土耳其天然碱溶采中的应用[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2020,47(8):43-49.

ZHANG Xingang, TU Yunzhong, LIU Wangwei, et al. Application of multi-lateral horizontal intersected well drilling technique in Turkish trona solution mining[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2020,47(8):43-49.

1 项目概况

土耳其卡赞天然碱矿位于土耳其首都安卡拉市西北 35 km,矿区交通便利,附近有高速公路和国道经过,矿区内有简易公路相通。卡赞盆地位于 Anatolia 高原中部的 Sakarya 盆地,其延展方向为 NE-SW,纬度在 $32^{\circ}24' \sim 32^{\circ}50'$ 之间,经度在 $39^{\circ}56' \sim 40^{\circ}28'$ 之间,矿区位于卡赞盆地西面,在 Incirlik 和 Fethiye 村庄之间。碱矿赋存于第三系下层的 Incirlik 地层中,矿床南北长 4.5 km,东西宽 3.7 km,面积约 9.8 km^2 。

卡赞矿区地质条件复杂,地层具有较强的自然

致斜特性。矿区地下水丰富,钻井过程中容易发生涌水。前期勘探调查结果表明,天然碱矿矿体埋深 $600 \sim 700 \text{ m}$,含矿段厚度为 $60 \sim 100 \text{ m}$,从上至下分布了 Bed10, Bed Y, Bed X, Bed9~Bed1 等 12 个碱层,每层厚度 $0.5 \sim 25 \text{ m}$ 不等,可采资源量丰富,具有极大的开发利用价值。

2 地层概况

H032 井含 2 个水平井眼,分别为 H032-1 和 H032-2,钻遇地层描述见表 1。

表 1 H032 井钻进地层概况

Table 1 Description of drilling formation at the H032 well

井号	井深/m	地层	岩性描述
H032-1	3.00~132.00	Neogene	棕、浅绿、卡其色粘土岩,棕色泥岩,浅绿-黄绿色泥灰岩互层
	132.00~304.00	Fethiye	深绿-绿色泥灰岩,少量棕色白云质泥岩
	304.00~352.00	Asmalidere	棕色白云质泥岩,底部含 8 m 厚碎屑岩楔
	352.00~630.00	Incirlik	棕色白云质泥岩,深棕-黑色的油页岩与少量黑色泥岩互层
	630.00~952.38	Incirlik	无岩样
H032-2	3.00~132.00	Neogene	棕、浅绿、卡其色粘土岩,棕色泥岩,浅绿-黄绿色泥灰岩互层
	132.00~304.00	Fethiye	深绿-绿色泥灰岩,少量棕色白云质泥岩
	304.00~352.00	Asmalidere	棕色白云质泥岩,底部含 8 m 厚的碎屑岩楔
	352.00~640.00	Incirlik	棕色白云质泥岩,深棕-黑色的油页岩与少量黑色泥岩互层
	640.00~957.26	Incirlik	无岩样

3 多分支水平对接井施工难点

与常规水平对接井相比,卡赞天然碱矿项目在多分支水平对接井施工中存在诸多难点。

3.1 直井未建腔,对接中靶施工难度高

由于土耳其卡赞天然碱钻井项目是集中作业,在短短的 2 年半时间内完成了 70 多组水平井,共计 200 多口钻井。由于配套供热锅炉和地面管线建设未能同步完成,大部分直井无法提前进行建腔,导致中靶对接施工时多数靶井溶腔直径仅有 0.3 m 左右,对对接中靶的精度要求极高^[3-4]。

3.2 悬空侧钻分支难

无论从设计的角度还是从司钻操作的角度,悬空侧钻施工都具有较高难度,施工中任何一个中间环节出现问题都可能导致前功尽弃,因此在施工前必须通过严格的设计来实现每一个步骤。该井所选择的分支点从设计上已经做到尽量避开矿层段,但是由于在分支点区域都是矿层和岩层的互层,因此在分支过程中很容易将刚刚侧钻出的台阶破坏掉。

3.3 精准控制轨迹,保证目的矿层钻遇率较难

H032 井目的矿层 Bed3 层平均厚度约 25 m ,但品位较低,充填不溶杂质较多,主要成分为白云质泥岩和黑色油页岩,从上到下把整个矿层分成了 C、B、A 3 个亚层。为保证矿藏的回采率,项目技术规范要求井眼轨迹必须处于 Bed3 A 亚层中,并尽量靠近矿层底板。根据矿层倾角的不同,允许抬高 $1.0 \sim 1.8 \text{ m}$ 。因此,如何精准的控制轨迹沿着设计轨迹要求行进,最大限度地保证目的矿层的钻遇率,对于定向操作具有较高要求。

4 施工工艺

H032 井的施工可分为 2 部分,H032-1 和 H032-2 两口水平井共用同一个直井段和造斜段。首先施工 H032-1 井,对接连通 2 口垂直井 V032-1A 和 V032-1B,然后再进行 H032-2 井的施工,H032-2 是在 H032-1 井造斜段中寻找合适的侧钻位置,采用悬空侧钻技术进行侧钻分支,实现对接另外 2 口垂直井 V032-2A 和 V032-2B,最终实现

一口水平井对接 4 口直井,形成 2 个水平采矿通道^[5-10]。最后用水泥封堵水平井的直井段和造斜段。H032 井分支示意图 1。

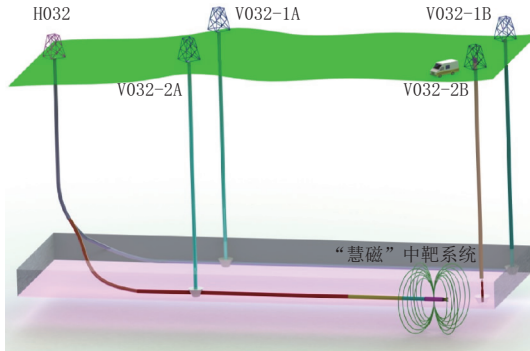


图 1 H032 井分支示意

Fig.1 Schematic diagram of H032 multilateral well

4.1 施工过程

4.1.1 一开直井段

直井段采用 $\text{O}311.1 \text{ mm}$ 牙轮钻头开孔,钻至含水层以下 40 m 为止,下入 $\text{O}244.5 \text{ mm}$ 表层套管至 396.5 m,水泥固井,水泥浆返至地面,封隔地下含水层。候凝 48 h 后扫塞。

4.1.2 二开造斜段

二开从设计位置 438 m 开始造斜钻进,采用 $\text{O}215.9 \text{ mm}$ 牙轮钻头 + $\text{O}172 \text{ mm}$ 螺杆钻具,利用 MWD 随钻测量系统控制轨迹钻进至 630 m 完成二开,二开裸眼完井。

4.1.3 三开水平段

水平段采用 $\text{O}152 \text{ mm}$ PDC 钻头 + $\text{O}120 \text{ mm}$ 螺杆钻具,利用 MWD 随钻测量系统控制轨迹。从二开完井位置继续钻进,首先完成 H032-1 井组,当钻进至距离 V032-1A 井约 60 m 时起钻,加入磁接头,同时 V032-1A 井中下入“慧磁”中靶仪器,在“慧磁”系统的引导下连通 V032-1A 井,中靶后继续钻进至 V032-1B 井附近,同样在“慧磁”的引导下中靶。完成 H032-1 井组后起钻更换弯度为 1.75° 的 $\text{O}120 \text{ mm}$ 螺杆钻具下至井深 640 m 悬空侧钻分支出 H032-2 的造斜段井眼,其后续施工工序和 H032-1 井组相同。

4.1.4 完井

在 2 井组分别完成中靶,并分别实现正常循环后,关闭 4 口垂直井井口,从水平井下入预制水泥塞,下入到 630 m 变径位置,注入水泥,完成水平井造斜段和直井段的封堵。

4.2 钻具组合

根据该施工地区的地层特点以及以往施工经验,该井钻具组合情况见表 2。

表 2 H032 水平井钻具组合

Table 2 Drilling string for H032 horizontal well		
钻进井段	钻进井深/ m	钻具组合
一开	0~400.07	$\text{O}311.1 \text{ mm}$ 牙轮钻头 + 变径接头 + $\text{O}178 \text{ mm}$ 钻铤 $\times 2$ 根 + $\text{O}159 \text{ mm}$ 钻铤 $\times 2$ 根 + 变径接头 + $\text{O}89 \text{ mm}$ 钻杆 + 108 mm 方钻杆
二开	400.07~630.00	$\text{O}215.9 \text{ mm}$ 牙轮钻头 + $\text{O}172 \text{ mm}$ 螺杆钻具 $\times 1$ 根 + $\text{O}127 \text{ mm}$ 无磁钻杆 (内加 MWD) $\times 1$ 根 + 变径接头 + $\text{O}89 \text{ mm}$ 钻杆 + 108 mm 方钻杆
三开	630.00~952.38/ 640.00~957.26	$\text{O}152 \text{ mm}$ PDC 钻头 + (中靶作业时加入 $\text{O}120 \text{ mm}$ 磁接头) + $\text{O}120 \text{ mm}$ 螺杆钻具 $\times 1$ 根 + $\text{O}89 \text{ mm}$ 无磁钻杆 (内加 MWD) $\times 1$ 根 + $\text{O}89 \text{ mm}$ 钻杆 + 108 mm 方钻杆

4.3 井眼轨迹设计与控制

H032 井是在一个井眼实现 2 个分支井,并实现对接 4 个靶点,因此该井的设计至关重要。本井采用 MWD 无线随钻测量系统结合螺杆钻具来控制钻头的行进方向,最终在“慧磁”中靶系统的精确引导下完成中靶连通^[11-14]。该井要求完井时封堵点与 2 个分支井第一靶点的距离 $< 120 \text{ m}$,因此在完成二开之前必须保证二开井眼轨迹尽量在双通道的中间,即磁方位在 176° 左右,同时在分支点附近 (640 m) 设计好分支的“狗腿”度和工具面角。H032 井 2 个分支井眼的分支点轨迹数据见表 3。

H032 井 3D 立体投影、水平投影、垂直投影分别见图 2、图 3 和图 4。

4.4 悬空侧钻分支工艺

4.4.1 侧钻工具的选择

侧钻工具采用现有的 MWD + 螺杆钻具 + PDC 钻头,在螺杆弯度的选择上加以考虑,根据设计,要想实现分支,“狗腿”度需要达到 $10^\circ/30 \text{ m}$ 以上,根据现有钻具情况及前期使用经验,选用 $\text{O}120 \text{ mm}$ (1.75° 、单螺扶) 螺杆钻具。

4.4.2 分支点的选择

要想实现水平对接井成功分支,且准确对接分支轨道上的 2 口直井,分支点的选择至关重要,主要考虑了以下几个因素。

(1) 地层的选择。选择在非矿层段、地层稳定、无破碎带、无断层,最好选在矿层之间的夹层中。

表3 H032井分支点实钻轨迹数据
Table 3 Actual drilling trajectory data of the side-track point in H032

井号	井深/m	井斜/(°)	方位/(°)	工具面角/(°)	X坐标/m	Y坐标/m	高程/m	垂深/m
H032-1	630.00	58.35	173.69	7.90	-82.28	5.43	415.27	601.35
	640.00	61.28	175.19	23.89	-90.88	6.26	410.25	606.37
	650.00	65.07	178.10	34.34	-99.79	6.78	405.73	610.89
	660.00	68.44	181.00	38.33	-108.98	6.85	401.79	614.84
	670.00	72.54	184.90	41.93	-118.39	6.36	398.45	618.18
	680.00	76.75	186.90	24.55	-127.98	5.37	395.80	620.83
H032-2	630.00	58.35	173.69	7.90	-82.28	5.43	415.27	601.35
	640.00	61.28	175.19	23.89	-90.88	6.26	410.25	606.37
	650.00	61.07	171.10	266.68	-99.58	7.31	405.42	611.20
	660.00	63.44	168.00	310.87	-108.28	8.92	400.77	615.85
	670.00	65.54	164.90	306.89	-117.06	11.03	396.46	620.16
	680.00	68.05	161.90	312.30	-125.86	13.66	392.52	624.10

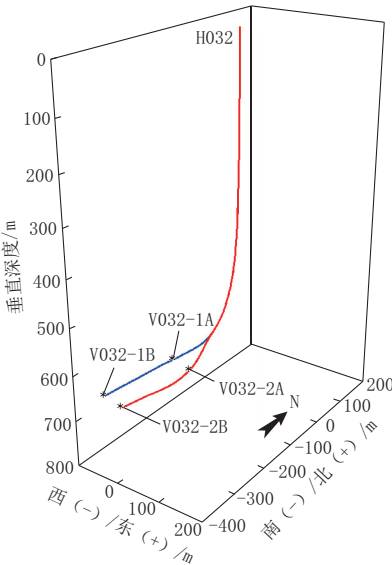


图2 H032井3D立体投影

Fig.2 3D projection of H032 well

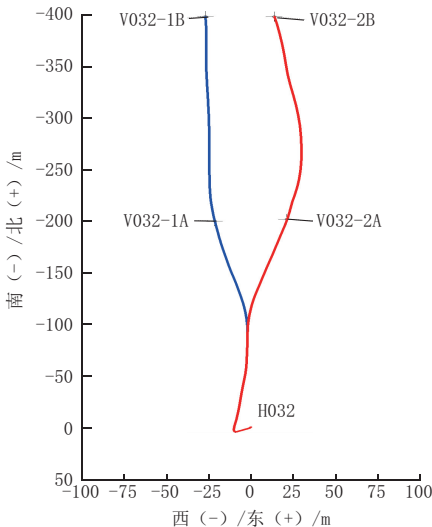


图3 H032井水平投影

Fig.3 Horizontal projection of H032 well

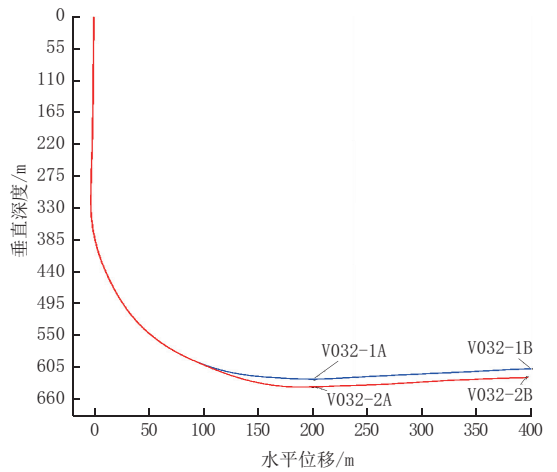


图4 H032井垂直投影

Fig.4 Vertical projection of H032 well

(2)分支点位置的选择。侧钻分支点位置的选择,要根据设计最大造斜率计算能够实现中靶,同时完成第一个靶点中靶后还能在有限的造斜率下完成第二个靶点的中靶,这一点至关重要。

4.4.3 侧钻分支保证措施

(1)确定分支工具面角。分支工具面角的确定对成功分支至关重要,分支工具面角应尽量选在第二、三象限,且与原轨迹工具面角之差应大于 90° ,在工具面角 $180^\circ \pm 5^\circ$ 范围更易分支出新孔。

(2)定向划槽。首先将钻具调整到需要的工具面,在侧钻分支点以上10 m,进行反复划眼,让钻具充分释放扭矩,同时通过反复划眼,让钻头充分切削井壁,使其形成一个与原轨迹分离的趋势。

(3)定点循环。定向井在相对比较软的地层中定点循环易形成新井眼,根据这一特点,在初始分支点可定点循环1 h左右,使其形成一个扩径点,同时

容易出现台阶。

(4)控时钻进。根据碱矿地层的软硬程度,可控制不同的钻速使新轨迹和老轨迹逐渐分离,碱矿地层可采取分段式控制机械钻速。例如:第一个 3 m 控制钻速为 0.5~1.0 m/h,第二个 3 m 控制在 1.0~1.5 m/h,然后根据原地层钻进速度,逐渐加压直至达到正常钻进速度。

4.5 中靶作业

“慧磁”高精度导向中靶系统是我所开发的具有完全自主知识产权的成果,目前已经广泛应用于国内外市场,在近几年土耳其天然碱钻井项目的实施中,对接连通任务主要依靠“慧磁”中靶系统,实现了中靶率 100%,目前,在卡赞碱矿钻井项目中已完成 100 余组对接井组的施工。

H032 井组 4 靶点均在“慧磁”的引导下实现了一次中靶。中靶作业的过程为:当钻至距离对接靶点还有 60 m 左右时,起钻在钻头和螺杆之间加入磁接头,同时在对接靶点的直井中下入“慧磁”探管到指定位置。在水平井端钻头距离井底 1 m 左右开泵循环,螺杆带动磁接头旋转,产生一个旋转磁场,在直井端通过“慧磁”探管采集数据,通过电脑程序解码与计算,解算出当前钻头与靶点间的空间位置关系。根据这一信息,能够及时进行轨迹调整,设计下一步的施工轨迹,使钻头逐渐向靶点位置靠近,并最终实现连通。图 5 为中靶连通靶井时,泥浆从靶井井口涌出的瞬间。



图 5 直井连通瞬间井口涌水

Fig.5 Water bursting out from the wellhead at the vertical well

4.6 固井工艺

H032 井组固井主要分为 2 部分,一部分是直井段固井(一开固井),另一部分是完成所有 4 口直井对接连通后,封堵二开造斜段及一开部分井段。

其中,一开直井段固井为常规固井,二开造斜段为封堵固井。

封堵固井采取措施如下:

(1)选择合适的位置下入预制水泥塞,以实现搭桥,下至井眼变径位置($\varnothing 215.9$ mm 变为 $\varnothing 152$ mm),即 630 m 处;用钻具送入水泥塞到达指定位置后,加钻压将水泥塞压实,同时在压入水泥塞过程中,通过钻具钻压的作用将连接水泥塞与钻具的钢筋箍切断。

(2)上提钻具至 620 m,在距离水泥塞 10 m 左右位置开泵循环,同时观察 4 口直井是否有返水现象,确保无返水,关闭 4 口直井井口所有阀门后方可注入水泥浆,注入完成设计好的水泥浆量后,将钻具迅速提出。

(3)根据设计计算,注入水泥 12.5 t,封堵水泥高度要求进入表层套管 80 m 以上,要求水泥浆密度达到 1.85 g/m^3 。

(4)候凝 24 h 后,需下入钻具进行探塞,以确保水泥上返高度达到要求。实际水泥塞上返高度为进入表层套管 102 m,符合技术规范要求。

5 质量控制

5.1 直井段轨迹控制

开钻前必须对设备进行全面检查,天车、转盘、井口三者的中心线在一条铅垂线上,偏差 ≥ 10 mm。

0~400 m 一开井段钻进过程中应控制好钻压及钻速,做好防斜打直的工作,钻进过程中每 100 m 进行一次测井斜,若发现直井段井斜超出设计范围时应采取纠斜措施。

该井段钻进时应坚持多划眼和循环,以利于修整井壁和清理井底沉砂,保证井下安全。

5.2 造斜井段轨迹控制

施工前应制定详细的施工设计,现场根据地质靶区要求和实际钻孔坐标及上部井段实钻情况对设计轨迹及措施进行合理调整。

定向组合钻具入井后应控制下放速度,不得猛刹、猛放,若遇阻应上提钻具、转动不同方向下放。

本井段拟采用 MWD 钻井系统监测轨迹,记录间距 ≥ 10 m;根据造斜情况及时合理调整定向参数和钻井措施,确保井眼轨迹平滑。

实钻中精心组织施工,造斜点以下实施全程螺杆+MWD 钻进,根据实际轨迹进行不断调整,以最

终达到设计要求。

在整个造斜段施工中必须做好钻井液性能的维护处理,加强固控措施,减少钻井液无用固相含量,含砂量控制在0.5%以内;严格控制钻井液失水量和摩擦系数。

5.3 水平段矿层钻遇率保证

对于水平对接井组溶采施工,如何保证水平段轨迹完全行进在目的矿层中,对于井组的正常生产和井组的使用年限至关重要。根据项目技术规范要求,水平段矿层钻遇率 $\geq 90\%$ 。为保证矿层钻遇率,

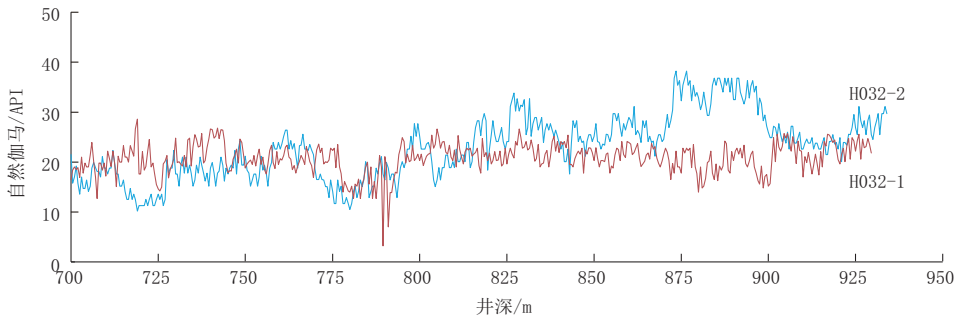


图6 H032井伽马测井数据

Fig.6 Gamma logging chart of H032

6 结语

(1)多分支水平对接井技术在土耳其卡赞天然碱溶采中得到了成功应用。悬空侧钻分支是应用该技术的关键,通过造斜钻具的选择、分支点的确定及钻进参数的优化和钻时控制等成功实现了多分支。

(2)通过优化设计、精心施工,成功克服了直井未建腔、悬空侧钻分支工艺和水平井轨迹控制等难题,借助“慧磁”中靶系统,成功实现了井组的一次对接连通。

(3)多分支水平对接井技术虽然在可溶性矿的开采中设计使用不多,但是随着技术的进步和设备的更新,该技术必然会更广泛应用于可溶性矿层的开采中。

(4)土耳其卡赞碱矿埋藏的碱矿层数多,厚度大,利用多分支水平对接井技术可更大程度地全面开采各个层位的矿体。例如,利用套管开窗技术开采Bed3上部矿层,利用多分支井技术在一口水平井中同时开采多个层位的矿体。

(5)多分支水平对接井技术能在降低开采成本的同时,大大地提高产能,带来非常好的经济效益。

在三开段采用了在MWD仪器中悬挂Gamma探管短节的方法,以实时获取地层的自然伽马数据。若出现自然伽马数据突然升高,则说明井眼轨迹出矿,需要回撤部分钻具进行分支侧钻。借助于不断完善的矿区三维地质模型和Gamma探管短节的实时跟踪,本井未出现井眼轨迹出矿的情况,该井矿层钻遇率为100%。H032井实时伽马数据如图6所示,从中可看出,2个分支H032-1和H032-2井段所有伽马数据皆为低值(API值 < 40)。

参考文献(References):

- [1] 刘汪威,刘海翔,涂运中,等.天然碱矿综合钻井水溶开采工艺设计[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2019,46(12):1-6.
LIU Wangwei, LIU Haixiang, Tu Yunzhong, et al. Comprehensive borehole solution mining design for trona mines[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2019,46(12):1-6.
- [2] 刘汪威,林修阔,张新刚,等.特殊地质条件下定向对接复杂井组的工艺设计[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2011,38(4):13-16.
LIU Wangwei, LIN Xiukuo, ZHANG Xingang, et al. Process design of complex connection well units in special geological conditions[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2011,38(4):13-16.
- [3] 胡汉月.对接中靶区建槽若干问题探讨[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2014,41(7):20-23.
HU Hanyue. Discussion of cavity development in the target area of intersection well pair[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2014,41(7):20-23.
- [4] 商敬秋,武程亮,刘汪威,等.无建槽直井的定向中靶作业[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2014,41(1):13-16.
SHANG Jingqiu, WU Chengliang, LIU Wangwei, et al. Oriented target-hitting operation for vertical well without cavity building[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2014,41(1):13-16.
- [5] 林修阔,陈剑奎,刘汪威,等.双通道平行井在采卤对接井中的首次应用[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2011,38(2):12-14, 18.

- LIN Xiukuo, CHEN Jianyao, LIU Wangwei, et al. First application of double channel parallel wells in connected brine wells[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2011,38(2):12-14,18.
- [6] 施智玲,唐玉华.应用水平分支井技术开采盐硝的可行性分析[J].中国井矿盐,2016,47(5):24-25,28.
- SHI Zhiling, TANG Yuhua. Feasibility analysis on applying horizontal multilateral well technology to exploit saltpetre[J]. China Well and Rock Salt, 2016,47(5):24-25,28
- [7] 向昆明,刘汪威,陈剑焱,等.三维地质建模在土耳其天然碱对接井设计中的应用[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2012,39(10):2-6.
- XIANG Kunming, LIU Wangwei, CHEN Jianyao, et al. Application of 3D geological modeling in Turkey trona solution mining project design[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2012,39(10):2-6.
- [8] 向军文,胡汉月,刘志强.土耳其天然碱矿 30 对对接井钻井工程[J].中国井矿盐,2007,38(5):25-28.
- XIANG Junwen, HU Hanyue, LIU Zhiqiang. Well drilling in 30 pairs of butted wells in a trona mine in Turkey[J]. China Well and Rock Salt, 2007,38(5):25-28.
- [9] 刘海翔,刘汪威,陈剑焱,等.土耳其贝帕扎里采集卤钻井三期工程井组布置的优化设计[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2010,37(11):9-11.
- LIU Haixiang, LIU Wangwei, CHEN Jianyao, et al. Design optimization of well unite layout at Beypazari Trona Solution Mining Project (Phase III) [J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2010,37(11):9-11.
- [10] 官如刚,曹福德,曹文忠,等.土耳其贝帕扎里天然碱矿水平对接井施工工艺[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2011,38(7):19-21.
- GONG Rugang, CAO Fude, CAO Wenzhong, et al. Technology of horizontal butted well construction in Beypazari Natural Alkali Mine of Turkey[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2011,38(7):19-21.
- [11] 陈剑焱,胡汉月.SmartMag 定向钻进高精度中靶系统及其应用[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2011,38(4):10-12.
- CHEN Jianyao, HU Hanyue. Experience on application of SmartMag high precision drilling guidance system[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2011,38(4):10-12.
- [12] 向军文,胡汉月.国产定向对接井精确中靶技术在盐矿中的应用[J].中国井矿盐,2010,41(5):16-18.
- XIANG Junwen, HU Hanyue. The application of accurate target technology of domestic directional butted-wells in salt mine[J]. China Well and Rock Salt, 2010,41(5):16-18.
- [13] 武程亮,商敬秋,陈剑焱,等.两水平井“点对点”精确中靶对接施工技术[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2013,40(5):4-7.
- WU Chengliang, SHANG Jingqiu, CHEN Jianyao, et al. Accurate “Point to Point” target butting of two horizontal wells [J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2013,40(5):4-7.
- [14] 隆东,张新刚,岳刚,等.H024 井施工工艺及精确中靶技术措施[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2011,38(3):5-8,12.
- LONG Dong, ZHANG Xingang, YUE Gang, et al. Construction technology of Well H024U and the technical measures of accurate target hitting[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2011,38(3):5-8,12.

(编辑 周红军)

专题征稿

“川藏铁路工程钻探(钻掘)技术与装备”专题

2018年,“世纪工程”川藏铁路规划建设全面启动。川藏铁路工程需要面对崇山峻岭、地形高差、地震频发、复杂地质、季节冻土、山地灾害、高原缺氧以及生态环保等建设难题,桥隧占比高达80%,被称为“最难建的铁路”。新建铁路的工程勘察、桥隧建造以及地质灾害防治需要动用大量的钻探(钻掘)工作,而特有的地质、地理条件给施工带来极大的难度和挑战。

为此,本刊拟组织一期“川藏铁路工程钻探(钻掘)技术与装备”专题,总结前期的研究成果和施工经验,为下一步更加严峻的挑战提供指导和借鉴。

征稿内容包括(但不限于):

- 工程勘察钻探取样技术
- 定向钻进技术
- 隧道施工技术(盾构、超前支护、围岩加固、爆破等)
- 桩基施工技术
- 地质灾害防治技术
- 相关装备及器具

● 相关理论研究成果

稿件要求:参见《探矿工程(岩土钻掘工程)》投稿指南:
http://jour.tkgc.net/ch/first_menu.aspx?parent_id=20150106042322001

论文提交截止时间:2020年8月30日

投稿网址:www.tkgc.net

投稿流程:探矿工程在线(www.tkgc.net)→作者登录→注册→登录→按提示上传稿件(注:选择栏目时请选择“川藏铁路钻探专题”)。

欢迎广大科研人员和工程技术人员投稿!

联系人:周红军(503581735@qq.com, 13803220507, 0316-2096324)

李艺(617140994@qq.com, 18515466615, 010-68320471)

《探矿工程(岩土钻掘工程)》编辑部