

特殊地质条件下定向对接复杂井组的工艺设计

刘汪威, 林修阔, 张新刚, 隆 东, 向军文

(中国地质科学院勘探技术研究所, 河北 廊坊 065000)

摘 要: H001LA 井为土耳其贝帕扎里采集卤钻井三期工程中的定向水平对接井, 在三期设计里处于由不同目标矿层和多种井组型式组成的复杂井组中。在钻井施工中, 遇到了目标矿层缺失、地层起伏大、涌水严重、钻遇巨大溶腔和地层坍塌等严重问题。经过问题分析, 通过对 3 个可行性方案的比较, 采用了成本低、工期短和更加安全的施工方案, 最终顺利完井。

关键词: 天然碱; 对接井; 复杂地质条件; 施工方案; 工艺设计

中图分类号: P634.7 **文献标识码:** A **文章编号:** 1672-7428(2011)04-0013-04

Process Design of Complex Connection Well Units in Special Geological Conditions/LIU Wang-wei, LIN Xiu-kuo, ZHANG Xin-gang, LONG Dong, XIANG Jun-wen (The Institute of Exploration Techniques, CAGS, Langfang Hebei 065000, China)

Abstract: As one of the horizontal wells in the project of Turkish Beypazari trona solution mining Phase III, H001LA is complicated in well layout comprising different main trona seams and varieties of well units styles in the design. Many difficulties encountered during the construction process such as loss of main trona seam, serious undulation of the formations, brine outflow, drilling to large cavity and formation collapsing. By the comparison analysis on the 3 feasible construction schemes, one was adopted with low cost, short construction period, high safety coefficient and successful well completion.

Key words: trona; connection well; complex geological condition; construction scheme; design alteration

1 工程概况

土耳其贝帕扎里(Beypazari)天然碱矿位于安卡拉(Ankara)和奈利汗(Nallihan)国家公路附近,距安卡拉市 110 km,位于贝帕扎里镇西北 14 km,矿区内有简易公路相通,交通便利。

碱矿赋存于第三纪贝帕扎里盆地沉积序列中较下部位的河卡(Hirka)地层中。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。碱矿床长 4.7 km,宽 1.7 km,面积约 8 km²,矿床走向北偏东 64°,倾向约正东。

贝帕扎里碱矿的沉积形态大致受区域地质构造的影响(断层和折皱)。碱矿中心受坎塞维(Kanlıceviz)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,含矿段厚

度 70~100 m,共有 33 层厚度在 0.4~2 m 的单层矿,矿体以透镜状形态产出。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。上、下矿段之间有一层 20~25 m 厚的粘土岩、凝灰岩和油页岩组成的隔层。

2 钻井设计方案

H001LA 井为定向水平对接井,设计目标矿层为下部 L 矿段中最底部的 L6 矿层,第一靶点为 V001LB,第二靶点为 V001LA,与垂直井 V001LB 和 V001LA 构成三井井组。H001LA 井的剖面设计示意图如图 1 所示。

2.1 基本参数

H001LA 井组的地面井位坐标设计值分别为:

H001LA: $X = 449412.405$, $Y = 402810.058$, $Z = 842.5$;

V001LB: $X = 449638.332$, $Y = 402887.062$, $Z = 848.5$;

收稿日期: 2010-09-25

作者简介: 刘汪威(1982-),男(汉族),四川威远人,中国地质科学院勘探技术研究所助理工程师,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,liuww88@qq.com。

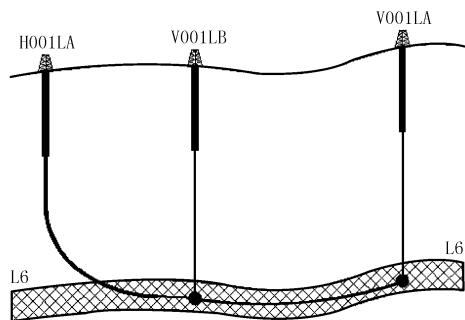


图1 H001LA井剖面设计示意图

V001LA: $X = 449946.790$, $Y = 403008.153$, $Z = 879.5$ 。

H001LA井到第一靶点的水平距离为238.69 m,到第二靶点的水平距离为569.92 m,两垂直井的水平距离为331.37 m,连线方位为 21.6° ,钻机平台高为3.2 m,以钻机转盘面为井深零点。

2.2 井身结构设计

一开垂直段采用 $\varnothing 311.1$ mm钻头钻至井深211.53 m,下入J55 $\varnothing 244.48$ mm \times 8.94 mm表层套管至井深209.53 m,水泥固井候凝48 h;二开造斜段采用 $\varnothing 120$ mm螺杆和 $\varnothing 200$ mm钻头钻至井深492.93 m,造斜率为 $0.35^\circ/\text{m}$,进入L6矿层顶板时顶角为 $86^\circ \sim 87^\circ$,下入J55 $\varnothing 139.7$ mm \times 7.72 mm生产套管至井深486.93 m,水泥固井候凝72 h;三开水平段采用 $\varnothing 95$ mm螺杆和 $\varnothing 118$ mm钻头钻至井深543.86 m时连通第一靶点V001LB,钻至井深875.23 m时连通第二靶点V001LA;下入J55 $\varnothing 88.9$ mm \times 6.45 mm中心管至井深489.93 m,装上井口装置完井。

2.3 钻井技术要求

一开垂直段:最大井斜 $\geq 60^\circ$;最大方位角变化率 $\geq 45^\circ/30$ m;最大井斜变化率 $\geq 60^\circ/30$ m;最大井径扩大率 $\geq 20\%$ 。

二开造斜段:造斜段曲率半径 ≥ 200 m;最大方位角变化率 $\geq 45^\circ/30$ m;最大井径扩大率 $\geq 20\%$;与第一靶点误差: X 、 Y 方向 ≤ 3 m, Z 方向 $\leq \pm 1$ m。

三开水平段:最大方位角变化率 $\geq 45^\circ/30$ m;与第二靶点误差 X 、 Y 方向 ≤ 3 m, Z 方向 $\leq \pm 1$ m。

3 复杂井组情况

为了达到减少投资、缩短基建周期、便于生产管理,使资源得到更合理的开发利用,增大矿区现有产能,更大满足加工厂对卤水的需要等要求,土耳其贝帕扎里采集卤钻井三期工程在一、二期已施工的30

对水平对接井组(P001~P030)的基础上,利用矿区内部分现有井场、现有采集卤管线,采用了更加优化的井组设计,如三井井组、五井井组、双通道平行井组等。全矿区共布置15个溶采单元,共包括25个井组采矿通道,垂直井29口,水平井23口。由于钻井数量多、井组形式多及井组之间相对集中和彼此关联,产生了复杂的井组情况。

与H001LA井组相关联和相近走向的井组有:相同目标矿层L6相近走向的前期已施工的两井井组H001-V001;相同目标矿层L6的三井井组H001LB-V001LC,其中,H001LA的第二靶点与H001LB的第一靶点为共用的垂直井V001LA;目标矿层为U6相近走向的五井井组H001-H001U。

H001LA相关井组平面示意图如图2所示,图中井组连线方位上的操场形状为矿层溶采通道在理论上的最大溶采范围。

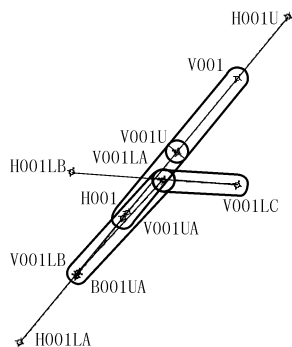


图2 H001LA相关井组平面示意图

H001LA相关井组剖面示意图如图3所示,图中H001-V001井组为一期已施工井组,其余井组均为三期设计井组,虚线显示为H001LB-V001LC井组走向与剖面图不同,交叉部分实心圆为施工中的立即连通点,空心圆为下部L矿段溶采结束后通过套管射孔的未来连通点。

4 施工中的问题及解决措施

4.1 目标矿层缺失

在两个靶点垂直井的设计中,第一靶点V001LB的目标矿层L6底板高程为434.10 m,厚度为1.21 m,第二靶点V001LA的目标矿层L6底板高程为417.76 m,厚度为3.46 m。而在实际施工中,通过岩心录井和电测井资料发现,V001LB中L4、L5和L6矿层缺失,V001LA中L6矿层厚度为1.80 m。

与该井组走向平行,井组距离约100 m的H004LB井组在实际施工中,V004LB中L5和L6矿层缺失,V004U+LA中L6矿层厚度为0.55 m。

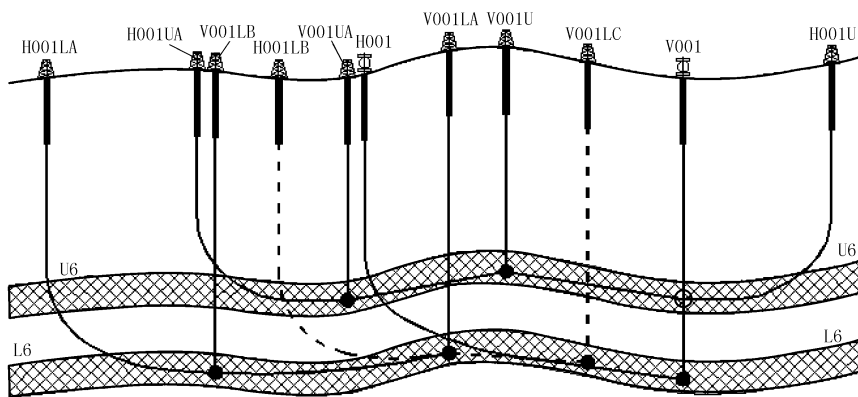


图3 H001LA 相关井组剖面示意图

由于三期工程设计要求首采矿层厚度不小于 1.2 m, 通过相关钻井地质资料综合考虑, 将 H001LA 的设计目标矿层由 L6 变更为 L3。V001LB 中 L3 矿层厚度为 1.05 m, V001LA 中 L3 矿层厚度为 1.75 m, 能够满足设计和施工要求。

4.2 地层起伏大

由于矿层厚度小、厚度不均一和地层起伏大, 给水平钻进轨迹控制增大了难度。从井深 501.5 m 开始三开水平钻进时, 平均钻时为 10 ~ 20 min/m。当钻至井深 670 m 时, 发现大量岩屑返出, 钻时变为 50 ~ 90 min/m, 判断为钻遇 L3 矿层顶板。由于在非矿层中钻进风险大且不能满足采矿要求, 决定抽回至井深 600 m 处重新分支钻进。

4.3 涌水严重

当顺利钻进至井深 715 m 时, 大量卤水以流量 30 ~ 40 m³/h 不断从井口涌出, 泥浆被彻底破坏, 不能正常进行泥浆循环和钻进, 决定提钻。经分析认为, H001LA 与相邻井组的采卤循环存在联系, 关闭附近的 H004LB 和 H028 井组的循环, 涌水流量从 31 m³/h 逐渐减小到 2 m³/h, 下钻重新正常钻进。

4.4 巨大溶腔

正常钻进至井深 717 m 时, 钻杆直接放空至井深 723 m, 后以 5 m/min 的钻速钻进至井深 732 m。经过分析认为, 钻遇了直径 15 m 以上的巨大溶腔, 在此溶腔中无法进行定向控制, 导致钻孔顶角和方位严重失控, 无法达到对接要求, 因此, 决定提钻更换钻具, 分支新孔避开此溶腔。

4.5 地层坍塌

在分支过程中, 再次涌水, 流量为 20 ~ 30 m³/h, 顶水钻进, 钻进至井深 852 m 时, 进尺变慢, 钻时达到 3 ~ 4 h/m, 最后无法进尺, 提钻检查钻具。更换钻具下钻至井深 539 m 时遇阻, 无法下放, 在此过程中仍伴随着流量约为 10 m³/h 的涌水。经分析认

为, 由于涌水严重导致非矿地层坍塌, 继续施工风险很大, 决定在井深 500 ~ 530 m 之间注入水泥形成水泥塞, 在重新分支时能够保证正常的泥浆循环。由于涌水第一次固井失败, 进行了第二次固井, 水泥候凝 48 h。下钻扫水泥塞至井深 512 m 时, 再次出现涌水, 流量约为 20 m³/h, 同时发现地层开始坍塌, 由于处理及时, 且钻具距离套管口很近, 最终将钻具提出, 避免了埋钻事故的发生。

5 设计变更方案

由于 H001LA 井在施工过程中存在的上述问题, 无法实现原施工目的, 因此必须对其进行设计变更。

5.1 问题分析

对施工中的问题分析认为, 其主要原因为水力串通, 即井内涌水导致钻孔坍塌的问题, 因此需要了解相邻井组的溶采情况。相邻的 H004LB - V004LA 和 H001LB - V001LC 井组, 目标矿层为 L3, 为三期工程新施工井组, 溶采时间短, 其溶采通道半径发展有限, 对 H001LA 井组的施工影响很小。H008 - V008 井组目标矿层为 L5, 为二期工程已施工井组, 溶采时间有 4 年左右, 其溶采通道半径发展较大。通过对施工中钻遇溶腔的位置分析认为, H008 - V008 井组和 H001LA 井组的共同区域部分, 存在跨层的裂隙, 从而形成了连通通道, 是施工过程中造成涌水严重、钻遇巨大溶腔和地层坍塌的主要原因。H001LA 相关井组情况如图 4 所示。

5.2 可选方案

根据整个矿区的井组情况, 经过综合考虑和认真分析, 提出了 3 个可选方案, 其井位布置如图 4 所示。

方案 1: 井位布置在 H001LA 井组的连线方位上的北端, 第一靶点变更为 V001LA, 第二靶点变更

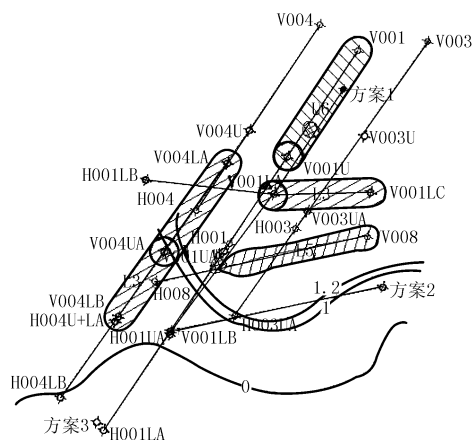


图4 H001LA 相关井组情况、L3 矿层等厚线及可选方案平面图

为 V001LB。其优点是没有改变原溶采通道,充分利用了已施工井组;其缺点是需重新布置井场,造斜钻进中易钻遇 H001U - V001U 井组 U6 矿层的溶采通道和溶腔,水平钻进中与第一靶 V001LA 连通后易引起泥浆漏失和涌水,避开 H008 - V008 井组中的溶腔存在困难。

方案2:井位布置在与 H008 - V008 井组走向平行的 V008 附近,第二靶点变更为 V001LB。其优点是钻井周围无溶采通道,避开了危险区域,利用了已施工井组;其缺点是需重新布置井场,缺少第一靶点钻井,井组位于 L3 矿层边界区域,矿层厚度不能得到保障。L3 矿层等厚线如图4中曲线所示。

方案3:井位布置在 H001LA 同一井场,目标矿层由 L3 变更为 U6,第一靶点仍为 V001LB,第二靶点由 V001LA 变更为 U6 矿层的 V001UA。其优点是无需重新布置井场,充分利用了已施工井组,避免了在 L3 矿层中施工的危险;其缺点是改变了原溶采通道,第一靶点 V001LB 需要在 U6 矿层处进行套管射孔才能形成溶采通道。

5.3 采用方案

通过施工安全、成本投资、施工工期和矿区井组等方面的综合考虑,决定采用第三个方案。由于目标矿层变更为 U6,为了与 H001LA 区别,将井号更改为 H001UB。

H001UB 井组的钻机转盘面井口坐标分别为:

H001UB: $X = 449415.079$, $Y = 402801.411$, $Z = 844.587$;

V001LB: $X = 449635.549$, $Y = 402885.267$, $Z = 853.140$;

V001UA: $X = 449820.564$, $Y = 402947.254$, $Z = 846.139$ 。

V001LB 的 U6 矿层厚度为 1.20 m, V001UA 的

U6 矿层厚度为 1.55 m。

6 变更后施工情况

2010年5月7日, H001UB 井开始一开钻进,采用 $\varnothing 311.1$ mm 三牙轮钻头钻至井深 170.78 m, 下入 $\varnothing 244.48$ mm 表层套管至井深 160 m, 水泥固井, 候凝 48 h。

5月13日开始二开钻进, 采用 $\varnothing 120$ mm 螺杆和 $\varnothing 200$ mm 三牙轮钻头钻进至井深 257 m 时, 钻遇含水层, 井漏严重, 固井堵漏。继续钻进至井深 284 m 钻过坚硬的硅化灰岩层, 提钻换刮刀钻头。钻进至井深 501.41 m 进入 U6 矿层落平, 造斜半径为 190 m, 平均造斜率为 $0.30^\circ/\text{m}$ 。电测井确认进入 U6 矿层后, 下入 $\varnothing 139.7$ mm 生产套管至井深 496.30 m, 水泥固井, 候凝 72 h。

5月26日开始三开钻进, 采用 $\varnothing 95$ mm 螺杆和 $\varnothing 118$ mm PDC 钻头钻至井深 703.78 m 时, 成功与第二靶点 V001UA 连通, 水平长度为 230 m。

5月29日下入 $\varnothing 88.9$ mm 中心管至井深 502.30 m, 装上井口装置完井。设计变更后, 该井总工时为 22 天。

7 总结

定向水平对接井 H001LA 在三期设计里, 处于由不同目标矿层和多种井组型式组成的复杂井组中。在施工中遇到了目标矿层缺失、地层起伏大、涌水严重、钻遇巨大溶腔和地层坍塌等严重问题。经过问题分析, 通过对 3 个可行性方案的比较, 采用了成本低、工期短和更加安全的施工方案, 最终顺利完井。

参考文献:

- [1] 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.
- [2] 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.
- [3] 周铁芳, 向军文. 采卤对接井钻井技术及在井矿盐开采中的应用[J]. 中国井矿盐, 1996, 27(1): 16 - 19.
- [4] 赵建亚, 向军文, 盛彦钧. 采卤对接井钻井技术的研究[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 1995, (1).
- [5] 洪常久. 水平对接井技术在天然碱矿中的应用[J]. 煤炭技术, 2008, 27(6): 142 - 143.
- [6] 林修阔, 刘汪威, 向军文. 采卤对接井技术在 XL3 - 7 井的应用[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2007, 34(9): 39 - 40.
- [7] 胡汉月. 对接井中靶利器——浅谈近靶点测量技术的发展与应用[J]. 中国井矿盐, 2007, 38(4): 27 - 31.