

新型卤水补给采集井 AK1 井施工工艺

隆东¹, 王升², 林修阔¹, 胡汉月¹, 刘志强¹, 岳刚³

(1. 中国地质科学院勘探技术研究所, 河北廊坊 065000; 2. 东北煤田地质局一〇三勘探队, 辽宁辽阳 111000; 3. 东北煤田地质局一五五勘探队, 辽宁锦州 121000)

摘要: AK1 井是在土耳其 Beypazari 天然碱矿老矿区选址并钻进形成的新型卤水补给采集井。该井采用中国地质科学院勘探技术研究所自行研制的 SDC-1500 型车载钻机钻进施工, 并下入带有悬挂器的特殊套管串成井。该井创新性地使用负压抽采模式采取地下卤水。其单井出卤量 3 倍于生产井, 有效缓解了矿加工厂卤水供应量不足的情况, 提高了生产效率。

关键词: 补给采集井; SDC-1500 型车载钻机; 负压抽采; Beypazari 碱矿区

中图分类号: P634 **文献标识码:** B **文章编号:** 1672-7428(2016)08-0034-05

Construction Technology of New Type Brine Recovery Well AK1/LONG Dong¹, WANG Sheng², LIN Xiu-kuo¹, HU Han-yue¹, LIU Zhi-qiang¹, YUE Gang³ (1. The Institute of Exploration Techniques, CAGS, Langfang Hebei 065000, China; 2. Northeast Coalfield Geological Bureau No. 103 Exploration Team, Liaoyang Liaoning 111000, China; 3. Northeast Coalfield Geological Bureau No. 155 Exploration Team, Jinzhou Liaoning 121000, China)

Abstract: The new type brine recovery well AK1 is located at the old area of Beypazari trona solution mining zone. AK1 was completed by the SDC-1500 truck mounted rig which was independently developed by the Institute of Exploration Techniques, CAGS. Special casing string was set in the borehole. Innovative negative pressure pumping method is used in AK1 to get the recovery from underground. The recovery of AK1 is more than 3 times of that from the normal production well, which has alleviated the shortage of brine supply for processing factory and improved the production efficiency.

Key words: brine recovery well; SDC-1500 truck mounted rig; negative pressure pumping; Beypazari trona mining zone

1 工程概况

土耳其 Beypazari 天然碱矿位于 Beypazari 晚第三纪盆地, 盆地的底板是由古生界——始新统的变质岩、酸性深成岩、火山岩组成。

Beypazari 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(Kanliceviz)断层影响分成两个区域, 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四条横切矿床的断层, 将矿区划分为五个矿块。

Beypazari 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, 依次简称为 Tz、Tc、Ts、Tk、Th、Tb。

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。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^[9]。

ETI SODA 矿区一期工程一对连通井, 二期工程 29 对连通井^[1], 三期及 3C 期间共计 23 组连通井^[10,13], 四期 17 组连通井。一期和二期工程施工的井已经超过或者达到 10 年的服务期限, 频繁出现中心管结晶堵塞^[2], 溶采通道堵塞, 传统给压注采不能从生产井回采卤水等情况, 造成加工厂碱水供应不足, 并由于频繁修井增加了人力和物力成本。

AK1 井施工坐标: $X = 449738.130$, $Y = 402746.942$, $Z = 864.269$ 。

经过地质模型分析和溶腔发展状况分析, 将 AK1 井布于二期工程矿区中, 具体位置如图 1 所示。

收稿日期: 2016-03-31; 修回日期: 2016-06-15

作者简介: 隆东, 男, 汉族, 1984 年生, 工程师, 从事受控定向钻进连通井施工与管理及相应科研项目研究工作, ldyiet@qq.com。

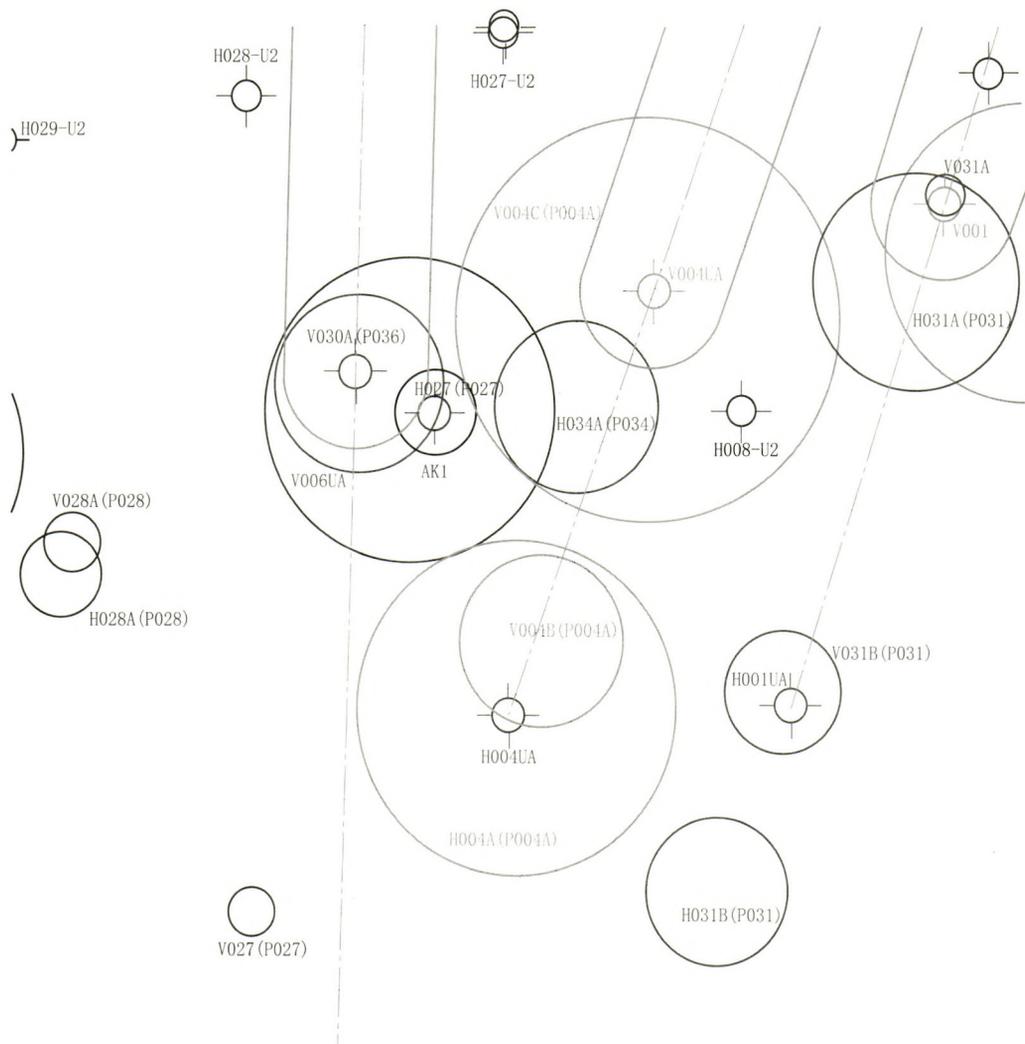


图 1 AK1 井井位示意图

2 施工目的

ETI SODA 碱矿加工厂设计年产量 100 万 t 纯碱,一期工程一组井从 2004 年开始投入生产,二期工程 29 组井 2006 年开始陆续投入生产,至 2016 年,由于下部碱层被溶采,造成上部矿层塌陷,很多生产井已经出现通道堵塞或者中心管结晶堵塞^[14]的情况,泵站向地下注入溶剂后,从此类生产井里已经不能依靠传统的给压注采方式抽取溶腔中的卤水。这就需要频繁处理通道堵塞情况,或者使用大型吊装设备提出中心管,下放潜水泵在套管内,采用负压抽采法将卤水抽出到主管线供应加工厂。但是有些生产井由于上部矿层塌陷,中心管和套管已经严重变形,中心管无法提出。这对加工厂的产量指标造成严重影响。至 2015 年,已经投入大量的人力和物力用以修井工作。频繁的修井工作不仅增加了

生产成本,而且造成加工厂卤水供应严重不足。

为此,碱加工厂急需增加负压抽采模式的新型采卤补给采集井^[3]。通过地质模型和溶腔发展状况分析^[4],ETI SODA 科学地选择了 AK1 的施工位置^[5],并设计了 AK1 井的井身结构,采用中国地质科学院勘探技术研究所自主研发并生产的 SDC - 1500 型车载钻机施工并钻达设计位置,设计并下入特殊的套管串,建成新型的采卤补给井 AK1 井,以提供给加工厂大量的卤水,缓解加工厂卤水供应不足的情况,同时降低修井带来的人力和物力成本。

3 井身结构设计

对二期工程矿区矿层^[11-12]和溶采通道发展状况分析之后,认为 AK1 井所在区域的 U 层矿已经全部或者大部分被溶采,地下存在天然碱溶解之后形成的充满卤水的大溶腔。施工 AK1 井钻达大溶腔

后,由于老矿区地层塌陷,传统的给压注采方式已经不能从地下采出卤水,所以创新性的下入潜水泵,采用负压抽采,取代传统的给压注采,采取地下溶腔中的卤水。

根据施工目的,ETI SODA 设计了 AK1 的井身结构,井身结构设计由初步设计和最终设计两部分组成^[15]。

3.1 初步设计

导孔:由于 SDC - 1500 型车载钻机转盘高度 0.80 m,为了使泥浆返出后能够顺利循环至振动筛,以及封固表层松散土,人工开挖导孔 2 m 并下入 $\varnothing 700$ mm 导管,并水泥固定。

一开:先行施工 $\varnothing 346$ mm 先导孔过第一含水层,然后使用 $\varnothing 508$ mm 直径钻头扩孔至孔底,下入 $\varnothing 406.4$ mm 表层套管,固井,封固第一个含水层,以防止第一含水层在钻进过程中被可能涌出的卤水污染。

二开:施工 $\varnothing 346$ mm 钻孔,直到钻进下部存在的溶腔内,结束钻进,下入 $\varnothing 273.05$ mm 的生产套管和同径的筛管,管串通过悬挂器头悬挂于表层套管底部。

完井:下入外径为 203.2 mm 的潜水泵至表层套管悬挂器座位置,潜水泵上部连接外径 101.6 mm 油管,并使井内管线接入采卤循环主管线,完井。

3.2 最终设计

按照初步设计钻进过程中,由于扩孔至孔径 508 mm,钻进扭矩过大,超过了 SDC - 1500 型钻机的额定扭矩,造成钻机严重损坏,所以最终设计更改为施工预案和施工方案 2 部分。

3.2.1 施工预案

(1) 施工前停止 AK1 井周围所有井的注采,卸去注采形成的压力,并在废浆坑旁准备一个约 180 m³ 的蓄水坑,以暂时储存可能返出的卤水。

(2) 蓄水坑里放置潜水泵,通过管线连接至采卤主管线,如果卤水涌出,则启动潜水泵,将卤水泵入主管线。

(3) 现场留置一台罐车,24 h 待命,以防卤水涌出量过大,潜水泵无法及时清理涌出的卤水时采用罐车同时清理卤水。

(4) 准备膨胀橡胶,置于表层套管底部,用于封堵涌出的卤水,待套管下到位后,循环环空,采用环空插管分段注入水泥固井。即第一次先往环空插入

细管,通过细管注入水泥,封固最下面 10 m 环空,候凝 48 h 后继续插入细管,往上封固 20 m 环空,并候凝,以此类推,最后将环空全部封固。

3.2.2 施工方案

一开:孔径 346 mm,直接钻过第二个含水层 Tk 层,下入 API $\varnothing 273.05$ mm 表层套管,固井。如若钻进过程中遇卤水上涌,则采取预案中的措施施工。

二开:孔径 215.9 mm,钻进溶腔后下入 API $\varnothing 177.8$ mm 生产套管和 $\varnothing 168$ mm 筛管。

完井:下入 $\varnothing 101.6$ mm 油管,底部连接 $\varnothing 203.2$ mm 外径的潜水泵下到表层套管底部悬挂器座位置。油管顶部接入循环主管线。AK1 井井身结构如图 2 所示。

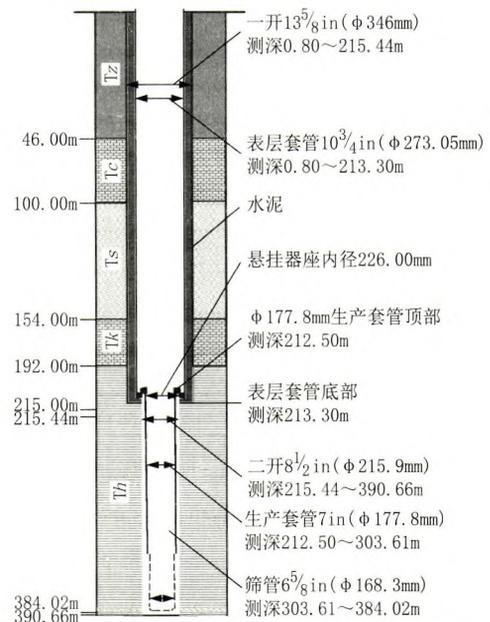


图 2 AK1 井井身结构示意图

4 施工设备

施工设备采用中国地质科学院勘探技术研究所自主研发并生产的 SDC - 1500 型全液压动力头式车载钻机,如图 3 所示。钻机采用汽车柴油机动力,全液压驱动方式,全液压操纵形式,拧卸扣、吊装钻具采用液压控制,减少人工的劳动强度并增加工作效率;设有双卷扬机,方便辅助作业。

钻机可以采用不同规格的单壁钻杆、双壁钻杆等进行钻进,适应性强,动力机组采用国四标准柴油机和法式特变速箱及分动箱。配套工艺:空气正循环、空气反循环、气举反循环、空气泡沫、常规钻进等。该钻机的技术参数见表 1。



图3 SDC-1500型车载钻机

表1 SDC-1500型车载钻机技术参数

| | |
|---------------------------|--------------------------|
| 最大钻井深度/m | 1500 |
| 额定驱动扭矩/(N·m) | 16000 |
| 转速/(r·min ⁻¹) | 0~130 |
| 桅杆高度/m | 15 |
| 给进行程/m | 12.5 |
| 柴油发动机 | 309 kW(412HP)@1500 r/min |
| 提升力/kN | 603 |

该钻机可应用于大口径水井、煤层气抽采井、浅层油气井等钻井施工。

5 钻进工艺

5.1 一开

5.1.1 一开钻进施工

为防止由于第二个含水层 T_k 层可能与溶腔窜通,卤水上涌,污染第一含水层;并为了下入潜水泵增大卤水抽取量,最初设计一开钻进 $\varnothing 346$ mm 先导孔,钻过第一含水层 T_c 层之后扩孔至 $\varnothing 508$ mm 至井深 120 m,下入 $\varnothing 406.4$ mm 表层套管固井。但是 SDC-1500 型钻机的额定扭矩为 16000 N·m,在扩孔深度达到 69 m 时,由于扭矩过大,提供动力的汽车变速箱被严重损坏。考虑到后续施工需求,将一开钻孔直径改为 346 mm 并直接钻过第二含水层。钻机修复后,顺利钻过第二个含水层 T_k 层,未发生卤水溢流的情况,并持续钻进至井深 215.44 m 结束一开。

5.1.2 一开套管串下入及固井^[7]

电测并下入 API $\varnothing 273.05$ mm 表层套管,表层套管串底部焊接悬挂器座(见图4),至井深 213.30 m 处,注入 G 级油井水泥固井。固井过程中,水泥未能从环空返至地面。通过分析认为有两方面原因,第一是由于水泥浆密度为 1.75 g/cm^3 ,同时 AK1 井处于老矿区,地层不稳定,水泥浆将地层压裂后进入地层;第二是两个含水层在固井过程中由于水泥

浆造成的压力与下部溶腔连通,水泥浆进入含水层。候凝 48 h 后,电测固井质量,结果显示水泥浆进入了第一个含水层。通过在环空下入直径为 1 in 的细钢管至初次固井形成的环空水泥面顶部,并通过细钢管泵入水泥浆封固上部空白环空,并候凝 24 h,扫套管内部水泥塞至悬挂器座顶部。

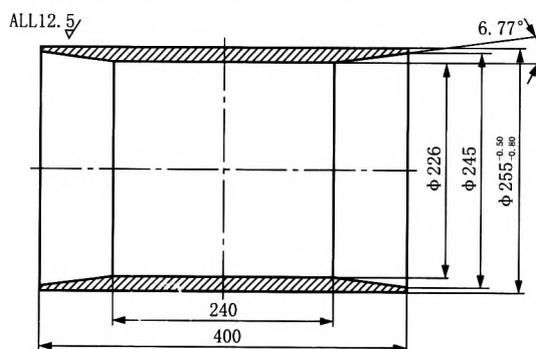


图4 悬挂器座

5.2 二开

5.2.1 二开钻进施工

二开钻进设计钻入下部溶腔完钻。由于表层套管底部悬挂器座内径为 226 mm,二开孔径采用 $\varnothing 215.9$ mm,采用三牙轮钻头施工。二开钻进至井深 358 m 时,发生漏失,漏失量达到 $40 \text{ m}^3/\text{h}$ 。漏失情况的发生是由于下部碱层溶采之后地层坍塌,使得钻孔与下部溶腔串通,泥浆通过裂隙流入溶腔内部。漏失发生后继续钻进至 360 m,井口出现溢流,卤水间断从井口返出,继续钻进至井深 390.66 m,卤水持续从孔内返出,确认钻入溶腔,二开钻进结束。

5.2.2 二开套管串下入

二开钻进结束,电测井下入生产套管串。为了下入负压抽采使用的 $\varnothing 203.2$ mm 潜水泵,生产套管串需悬挂于表层套管底部悬挂器座上。这也是本井施工的一个难点和关键技术之一。

生产套管串由 API $\varnothing 177.8$ mm 套管和下部 80 m 直径为 168 mm 的筛管组成。生产套管串顶部焊接悬挂器头(见图5),用于将生产套管串悬挂于表层套管底部。悬挂器头上部接反扣丢手。通过现场计算套管悬挂器的悬挂载荷^[8],确认悬挂器符合要求。生产套管串由钻杆柱送达表层套管底部悬挂器座顶部后坐于悬挂器座上,顺时针旋转钻杆柱倒开反扣丢手,提出钻杆柱,完成二开套管串下入。

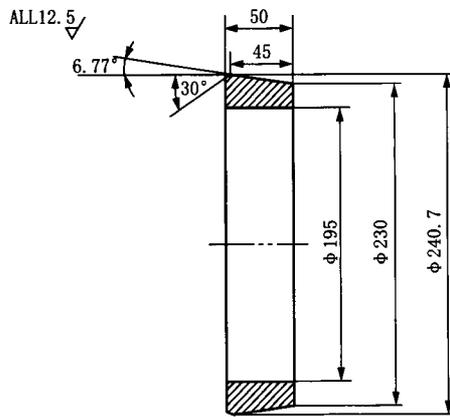


图5 悬挂器头

6 完井及效果

下入 $\varnothing 101.6$ mm 油管 and 底部连接的 $\varnothing 203.2$ mm 外径的电动潜水泵至表层套管底部悬挂器处。油管顶部接入循环管线完井。

实际抽取卤水流量达到 $110 \text{ m}^3/\text{h}$, 大约 3 倍于单个水平连通溶采井组的卤水采集流量, 大大提高了生产效率, 并有效缓解了加工厂卤水供应不足的情况。由于生产效果显著, 更多的此种卤水补给采集井将陆续应用于老矿区。

7 结语

AK1 井是土耳其 Beypazari 天然碱矿区施工的第一口卤水补给采集井, 该井的成功施工, 有效地缓解了碱加工厂卤水供应不足的情况, 大大降低了频繁维修井产生的人力和物力成本, 提高了生产效率。通过 AK1 井的施工和成井后的生产效果, 可以得到如下几方面的经验。

(1) 运用分析软件科学地评估老矿区地下矿层的溶采情况和溶腔发展情况并确定采卤补给井的施工位置是成功施工此种井的第一要素。

(2) 针对此种井的特殊性, 设计合理的井身结

构, 并做好施工预案才能极大地提高钻进效率和降低施工成本。

(3) 此种采卤补给井的成功应用能有效提高加工厂的生产效率, 降低由于修井带来的人力和物力成本。

参考文献:

- [1] 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.
- [2] 罗安民, 曹均录. 浅析采卤井卤水盐结晶堵管因素及预防措施[J]. 中国井矿盐, 1995, 26(4): 20-21.
- [3] 王兴富. 察尔汗盐湖卤水井采方案浅探[J]. 化工矿山技术, 1995, 24(6): 57-58.
- [4] 李银平, 施锡林, 刘伟, 等. 盐穴水溶造腔建槽期不溶物运动性态及应用研究[J]. 岩石力学与工程学报, 2016, 35(1): 23-31.
- [5] 李浩, 颜辉. 罗布泊罗北凹地矿区卤水开采工艺及工程布置探讨[J]. 化工矿产地质, 2008, 30(4): 223-226.
- [6] 刘传福. 井采技术在罗布泊盐湖开发中的应用[J]. 化工矿物与加工, 2010, 39(1): 31-33.
- [7] 张幸, 李文魁, 兰天, 等. 平顶山盐田采卤井生产套管固井技术研究[J]. 中国井矿盐, 2015, 46(5): 25-26.
- [8] 陈养龙, 王新来, 何树栋. 套管悬挂载荷的现场计算[J]. 石油钻探技术, 2000, 28(6): 25-27.
- [9] 郭如新. 土耳其天然碱研究开发动向[J]. 化工矿山技术, 1996, (4): 61-62.
- [10] 向昆明, 刘汪威, 陈剑垚, 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.
- [11] 逢磷. 土耳其 Beypazari 天然碱矿对接井工程的组织与管理[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2009, 36(S1): 182-186.
- [12] 张晨鼎. 土耳其贝帕扎里天然碱矿床的开发[J]. 纯碱工业, 2004, (2): 15-18.
- [13] 张晨鼎. 土耳其贝帕扎里碱矿的水采工艺[J]. 纯碱工业, 2013, (4): 6-11.
- [14] 王吉刚, 张国臣. 土耳其天然碱项目加工工艺[J]. 纯碱工业, 2010, (6): 11-15.
- [15] 唐志军. 井身结构优化设计方法[J]. 西部探矿工程, 2005, (6): 78-80.