

酸化洗井在河北牛驼镇地热田两口井中的应用

李砚智, 田京振

(河北省地矿局第三水文工程地质大队, 河北 衡水 053000)

摘要:介绍在河北牛驼镇地热田2口井中,针对裸眼成井段为碳酸盐岩的情况,采用酸化洗井的措施,达到了地热井增产的目的。

关键词:地热井;基质酸化;洗井;增产

中图分类号:TE249 **文献标识码:**A **文章编号:**1672-7428(2009)06-0016-03

Application of Acid Well Flushing in 2 Wells of Niutuo Geothermal Field in Hebei/LI Yan-zhi, TIAN Jing-zhen(No. 3 Team of Hydrogeology & Engineering Geology, Hebei Provincial Bureau of Geo-exploration and Mineral Development, Hengshui Hebei 053000, China)

Abstract: The paper introduced the acid well flushing measures for output increasing in barefoot interval of carbonate rock with the cases of 2 wells of Niutuo geothermal field in Hebei.

Key words: geothermal well; matrix acidizing; well flushing; output increasing

1 概况

牛驼镇地热田为华北地区埋藏较浅、地温梯度高、水质较好的热田。我单位于2008年在牛驼镇附近施工了牛t及牛s两口地热井,成井深度分别为2100和1665m。两口井主要利用的是蓟县系雾迷山组热储层,热储层岩性以白云岩为主,裂隙较发育,富水性较好。裸眼成井后,经活塞、25 MPa大压力空压机、潜水泵洗井,水温、水量均达到了设计及合同要求。为提高地热井的产量,同时应业主要求,决定对两口井进行酸化洗井。

两口井的管井结构分别如图1、图2所示。

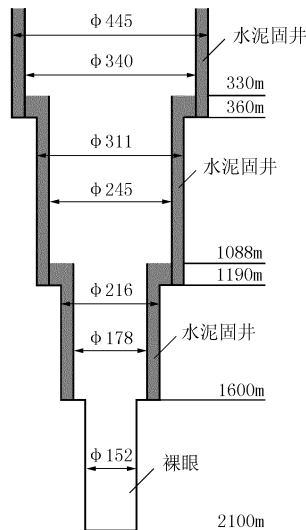


图1 牛t井管井结构示意图

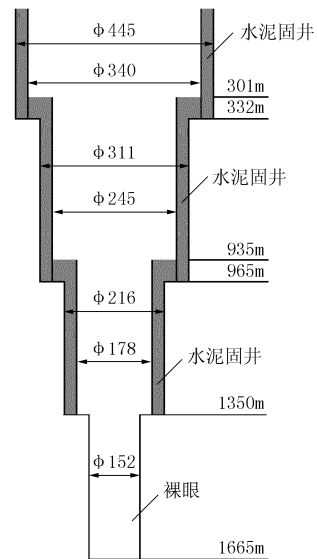


图2 牛s井管井结构示意图

2 酸化施工设计

油田井下作业部门根据酸化施工的资料和数据分析得出,在孔隙度较大、渗透率较高,受泥浆等污染堵塞的碳酸盐岩储层,采用基质酸化能获得显著的增产效果。基质酸化是在低于地层破裂压力的泵注压力下,酸液在井筒附近依靠化学溶蚀形成通道,既扩大原有裂缝,又加强裂缝的沟通,同时解除泥浆对含水层的污染堵塞。牛t及牛s两口地热井属于受泥浆污染孔隙度较大、渗透率较高的热储层,所以

收稿日期:2009-04-11; 改回日期:2009-05-21

作者简介:李砚智(1972-),男(汉族),河北武邑人,河北省地矿局第三水文工程地质大队工程一公司经理,工程硕士,探矿工程专业,从事探矿技术及生产管理,河北省衡水市红旗大街808号。

采用基质酸化进行洗井。

2.1 酸液类型及用量

因成井段是白云岩为主的碳酸盐岩地层,所以采用盐酸进行酸化。首先用工业盐酸配制浓度18%的盐酸溶液,然后再向其中加入如下添加剂。

(1)缓蚀剂:采用吡啶类的7812,加量2%~3%,最大限度地减少盐酸对管材的腐蚀;

(2)铁离子稳定剂:采用柠檬酸,加量0.3%~0.5%,目的是减少或防止铁离子形成氢氧化铁沉淀,而造成对含水层裂缝的再次堵塞;

(3)缓速剂:采用十二胺,加量1%,目的是降低盐酸与白云岩的反应速度,以便让酸液以较高的浓度向远处扩散。

(4)助排剂:加入表面活性剂,可采用烷基苯磺酸钠或洗衣粉,利于酸液的返排。

根据含水层岩性、管井结构、抽水洗井情况及油田相关酸化施工经验,牛t及牛s分别设计用酸量 35 m^3 和 25 m^3 。

2.2 施工泵压

施工泵压($P_{\text{泵}}$)由地层破裂压力($P_{\text{破}}$)、管柱的摩阻压力($P_{\text{摩}}$)和液柱压力($P_{\text{液}}$)决定。

2.2.1 地层破裂压力

按伊顿法计算地层破裂压力:

$$P_{\text{破}} = [\mu / (1 - \mu)] (P_0 - P_p)$$

式中: $P_{\text{破}}$ ——地层破裂压力,MPa; μ ——地层泊松比,白云岩取0.25; P_0 ——上覆岩层压力,MPa, $P_0 = 9.81 \times 10^{-3} \times H[(1 - \varphi)\rho_m + \varphi\rho]$; P_p ——地层孔隙压力(等于静液柱压力 $P_{\text{液}}$),MPa, $P_p = 9.81 \times 10^{-3} \times H\rho$; H ——深度,m; φ ——岩层孔隙度,白云岩储层取5%; ρ_m ——岩石骨架密度,白云岩取 2.8 g/cm^3 ; ρ ——岩层流体密度,水取 1 g/cm^3 。

根据上面公式,按照热储层中部深度(牛t、牛s分别为1850、1500 m)计算出牛t、牛s两井的地层破裂压力分别为28.27 MPa和23.09 MPa。

2.2.2 管柱摩阻压力

管柱摩阻压力由地面管路摩阻压力(按0.5 MPa考虑)和井内的管柱($\text{Ø}73\text{ mm}$ 油管)摩阻压力决定,井内的管柱摩阻按照下列公式计算:

$$P_{\text{摩}} = B\rho_d^{0.8} U_{\text{pu}}^{0.2} L_p Q^{1.8} / d_p^{4.8}$$

式中: $P_{\text{摩}}$ —— $\text{Ø}73\text{ mm}$ 油管摩阻压力,MPa; B ——常数, $\text{Ø}73\text{ mm}$ 油管(内平) $B = 0.51655$; ρ_d ——酸液密度,18%盐酸为 1.10 g/cm^3 ; U_{pu} ——酸液塑性粘度,18%盐酸为 $1.37\text{ Pa}\cdot\text{s}$; Q ——泵注排量,L/s; d_p —— $\text{Ø}73\text{ mm}$ 油管内径,取值 5.9 cm 。

$\text{Ø}73\text{ mm}$ 油管下入深度为 $\text{Ø}177.8\text{ mm}$ 技术套管以下10 m,按照常规4~8 L/s的排量计算出两口井管柱的摩阻压力如表1。

表1 两口井管柱的摩阻压力计算结果

排量 /(L·s ⁻¹)	牛t管柱摩阻压力 /MPa	牛s管柱摩阻压力 /MPa
8	8.55	7.30
7	6.83	5.86
6	5.30	4.55
5	3.96	3.42
4	2.80	2.45

2.2.3 施工泵压

施工泵压 $P_{\text{泵}}$ 按下式计算:

$$P_{\text{泵}} = P_{\text{破}} + P_{\text{摩}} - P_{\text{液}}$$

根据上面计算公式和结果,按照排量8 L/s,进一步得出,牛t及牛s两口井的施工泵压应分别为18.68 MPa和16.67 MPa。两口井进行基质酸化,施工泵压要控制在低于地层破裂压力下泵注,所以井口压力应控制在分别低于10.13 MPa和9.37 MPa内。

3 现场施工

3.1 施工准备

(1)由于两口井套管段全部水泥固井,所以不必用封隔器封闭,仅采用井口密封装置。下入 $\text{Ø}73\text{ mm}$ 油管至 $\text{Ø}177.8\text{ mm}$ 技术套管以下10 m左右,安装好井口装置。

(2)准备好排酸用具。排酸采用在 $\text{Ø}73\text{ mm}$ 油管内拉活塞的方法,即用钢丝绳带一活塞下入油管内,油管上部连接专用井口装置,利用上下提拉钢丝绳来进行排酸。

(3)施工前进行明确分工,各种工具和材料准备齐全。压裂车、酸罐车到场,连接好各种管线。

3.2 压酸施工

(1)首先用清水对连接好的管汇进行试压,确保管线安全。

(2)压酸。先按小排量压酸,观察压力变化情况,然后逐渐加大排量,但要注意井口压力,要在低于地层破裂压力下泵注。

(3)酸液压入完毕,用清水把油管内及裸眼内的酸液替出。

3.3 排酸

用清水替酸后,关井1 h,再卸开井口装置,安装好专门的油管接头装置。在油管内下入带活塞的钢丝绳,通过活塞抽吸进行排酸。刚开始的4 h,控制

活塞的速度,把排量掌握在 $10 \sim 15 \text{ m}^3/\text{h}$,以后可加快钢丝绳的提下速度,提高排量,排量最高时达 $30 \text{ m}^3/\text{h}$ 以上。两口井均用此法排酸约 30 h,排出的水由浅黄变成基本无色,水的 pH 值接近 7,排酸工作结束。

残酸要专门排放到一个放有烧碱的池子内,待中和后才能将其排走。

表2 酸化洗井前后抽水试验数据

井号	井深/m	抽水时间	静水位 /m	动水位 /m	降深 /m	水量 /m ³	水温 /℃	单位出水量 /[(m ³ · (h · m) ⁻¹)]	稳定时间 /h
牛 t	2100	酸化前	37.19	93.55	56.36	98.76	83	1.75	16
		酸化后	36.02	52.84	16.82	104.80	86	6.23	16
牛 s	1665	酸化前	35.50	118.70	83.20	75.73	87	0.91	16
		酸化后	32.82	55.85	23.03	113.00	91	4.91	16

5 结语

酸化洗井在地热井中应用的还较少,受技术及经济条件的制约,对施工中所采用的参数是否合理,还需要进一步探讨,不同地区和不同地层会存在差异。就这两口井来说,针对含水层分段压酸,可能会取得更好的效果。现场施工的经验及施工中的各项参数是非常宝贵的,应对此进行认真分析研究,以便在以后的施工中借鉴并逐渐加以完善。

(上接第15页)

效,孔壁恶化,造成无效进尺或者被迫提前终孔,致使钻探施工达不到原设计要求的损失。因此采取泥浆 - PHP - CMC - 锯末、海带浆液堵漏是一种较为经济、有效的方法。

6 结语

在牡丹江金厂矿区金刚石岩心钻探中,研究使用了由优质膨润土作为基浆,CMC、PHP、皂化溶解油等多种添加剂的低固相钻井液体系,对金刚石岩心钻进裂隙发育地层有良好的润滑减阻和护壁效果,钻进阻力小,钻头磨损轻,大幅度提高了纯钻时间;成功钻进裂隙发育等不稳定地层,降低了孔内事故发生率,辅助率和停待率也都大幅度降低;取出的岩心完整,且取心率高,满足了对矿脉位置取心率的要求。但应注意在金刚石岩心钻进中维护钻井液体系性能十分重要,一般要求控制低固相、低粘度、高矿化度和小滤失量,泥饼薄而韧,就可以起到较好钻

4 洗井效果

排酸结束后,下入潜水泵进行洗井和抽水试验。经过对比,牛 t 及牛 s 经过酸化洗井,单位出水量较酸化前分别提高 3.56 倍和 5.40 倍,温度分别提高 3℃ 和 4℃。酸化洗井的效果显著,业主非常满意。两口井的酸洗前后抽水试验数据见表 2。

参考文献:

- [1] 孙国强. 压裂酸化在地热开发领域中的应用[A]. 水井钻井和成井新技术[C]. 北京:地质出版社,2004.
- [2] 刘福东,李子果,河北省固安县牛驮镇地热井勘查报告[Z].
- [3] 赵金洲,张桂林. 钻井工程技术手册[M]. 北京:中国石化出版社,2005.
- [4] 陈庭根,管志川. 钻井工程理论与技术[M]. 山东东营:石油大学出版社,2005.
- [5] 张景利,赵继斌. 井下作业工[M]. 北京:石油工业出版社,2007.

进效果和护壁作用。

实践表明,选用高密度泥浆加入水解聚丙烯酰胺、纤维素分选性好的堵漏材料,并配以锯末、海带末,形成的承压能力、憋压能力较强、高粘度、高切力的胶质堵漏浆液,能够迅速封堵裂隙性漏失,有效控制渗透速度。但应注意减少人为因素造成的孔壁压力增大,防止下钻作业以及下钻到底开泵过程中孔内钻井液激动压力过大压漏地层。

参考文献:

- [1] 朱成伟,陈锦荣,李体刚,等. 黑龙江金厂金矿床地质特征及成因探讨[J]. 矿床地质,2003,(1).
- [2] 鄢捷年. 钻井液工艺学[M]. 山东东营:石油大学出版社,2000.
- [3] 李世忠. 钻探工艺学(中册)[M]. 北京:地质出版社,1989.
- [4] 袁进科,陈礼仪,牛文林,等. 低固相钻井液体系在古叙煤田勘探中的应用[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2008,35(1).
- [5] 宋碧涛,刘亚,薛芸,等. 江苏油田堵漏试验评价技术研究[J]. 钻井液与完井液,2007,24(3).