

酸化增产工艺在碳酸盐岩层地热开发中的应用

徐云鹏

(天津地热勘查开发设计院, 天津 300250)

摘要:酸化增产技术是提高油田产量的有效措施,是开发油气层的重要手段。HD-39B 地热井完井后,试水效果不理想,通过分析其测井综合成果,并结合地层情况,采用了酸化增产工艺,最终成功扩大裂隙,有效沟通了热储通道,出水量由 $5.4 \text{ m}^3/\text{h}$ 增加到 $80.83 \text{ m}^3/\text{h}$,井口水温由 $50 \text{ }^\circ\text{C}$ 增加到 $72 \text{ }^\circ\text{C}$,成为一口优质合格井。HD-39B 地热井的应用实践证明,油田上使用的酸化增产技术同样适用于碳酸盐基岩裂隙地热井,可根据地热井实况及岩性特征,在类似地热施工中予以推广。

关键词:地热钻井;碳酸岩地层;酸化措施

中图分类号:TE249 **文献标识码:**B **文章编号:**1672-7428(2015)11-0031-03

Application of Acidizing Stimulation Technology for Geothermal Development in Carbonate Rocks/XU Yun-peng
(Tianjin Geothermal Exploration and Designing Institute, Tianjin 300250, China)

Abstract: Acidizing stimulation technology is an effective measure to improve oil production and an important means of developing oil and gas bearing formation. The water test is not ideal, after the completion of HD-39B geothermal well. The acidizing technology was used based on the analysis on the comprehensive logging data and combined with the formation conditions, cracks were extended and geothermal reservoir channels were linked up, HD-39B turned to be of high-quality with the water yield being from $5.4 \text{ m}^3/\text{h}$ to $80.83 \text{ m}^3/\text{h}$, wellhead water temperature from 50°C to 72°C . The application practice shows that the acidizing technology is also suitable for carbonate bedrock fracture geothermal well, which can be popularized in the similar geothermal construction according to the actual conditions and the lithologic characters.

Key words: geothermal drilling; carbonate rocks; acidification measures

地热资源是一种绿色能源,随着人口增长和社会发展,对能源的需求也与日俱增,用资源储量丰富的地热资源取代部分常规能源,在一定程度上缓解了能源紧缺的问题。地热广泛应用于生活用水、温泉理疗、洗浴、水产养殖、矿泉水开发等领域,产生了较好的经济和环境效益,为天津市创建环保模范城市发挥了积极作用。

古生界奥陶系热储层属碳酸岩地层,其储层性状与油气储层相似,由于地层储层发育不理想或沉积物堵塞地热流体通道等原因,可能导致完井产能低下,洗井措施无法达到产能要求。本文就此情况研究酸化增产措施在碳酸岩地层中的适用性。

目前,国内外针对不同地质条件的酸液体系及其施工工艺技术作了一定研究,酸化方法包括盐酸处理、土酸处理、热酸处理。在碳酸盐地层(石灰岩、白云岩)中用盐酸处理。但酸化技术广泛用于油气层开发,地热井施工中并未普及,我们应重视酸化技术在地热领域的广泛开展,有效合理利用地热资源,提高成井质量,增加工业产能,不仅具有重大

的实用价值,还具有巨大的经济价值和社会价值。

1 项目简介

项目所在地行政区规划上隶属于天津市河东区,位于河东区二号桥北侧。本次开发地热流体主要用于钢渣山公租房的冬季供暖,选取奥陶系热储层作为目的层,设计对井为“一采一灌”开发利用模式。预测设计井口稳定流温为 $68 \sim 72 \text{ }^\circ\text{C}$,预测设计对井出水量为 $50 \sim 90 \text{ m}^3/\text{h}$ 。

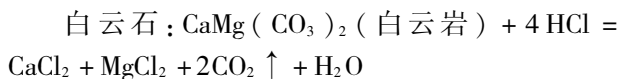
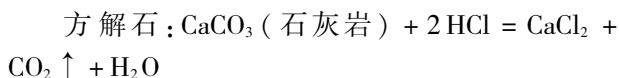
HD-39B 地热井于 2014 年 2 月 14 日开钻,至 4 月 4 日完钻,钻进施工工期 50 天,完钻井深 2752.63 m。钻遇地层(由下而上)包括:奥陶系、石炭-二叠系、中生界、新近系、第四系。

该井采用空气压缩机气举洗井,水清砂净后进行了试抽水,试采等资料表明,该井产水量 $5.4 \text{ m}^3/\text{h}$,水温 $50 \text{ }^\circ\text{C}$,没有达到设计的要求。经分析 HD-39B 井目的层岩性以厚层状灰岩夹少量泥灰岩为主,呈致密块状。由于地层热储发育不理想,为提高地热产量,改善储层沟通状况,经研究决定对该地热

井进行酸化增产处理。

2 酸化措施原理

碳酸盐岩矿物成分主要为白云石、方解石,碳酸盐岩层的储集空间分为孔隙和裂缝2种类型。根据孔隙和裂缝关系,碳酸盐岩层分为3类:孔隙型碳酸盐岩层,孔隙是主要储集空间和渗流通道;孔隙-裂缝型碳酸盐岩层,孔隙是主要储集空间,裂缝是主要渗透通道;裂缝型碳酸盐岩层,微小裂缝溶蚀孔洞是主要储集空间,较大裂缝是主要渗透通道。通过酸液解除地层裂缝的堵塞物,酸液与碳酸盐化学反应,扩大地热流体流通通道,增加渗流能力,提高产量。化学反应方程式为:



3 酸化作业

3.1 酸化前分析

首先选取待酸化地层岩屑,配比酸化材料,然后针对地层特点进行室内溶蚀实验,确定酸液浓度。该实验模拟实际压力、温度条件,进而保护井下热储,提高产量。

本次实验盐酸溶液浓度分别为20%、15%,通过2种浓度溶液溶蚀效果分析比较,20%盐酸溶液效果更佳,作为本次酸化增产作业的首选。酸化有效距离模拟见图1,总表皮系数变化模拟结果见图2。

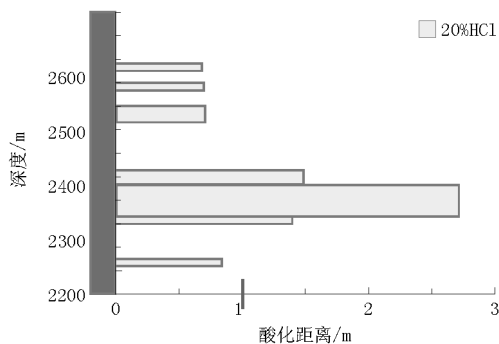


图1 酸液有效作用距离模拟结果图

由实验结果分析得出,当酸量达 120 m^3 ,随酸量增大,其溶蚀趋近0。所以选用浓度为20%盐酸,用量设计为 120 m^3 。

酸液要有效地提高渗透率,解除岩屑堵塞,加大

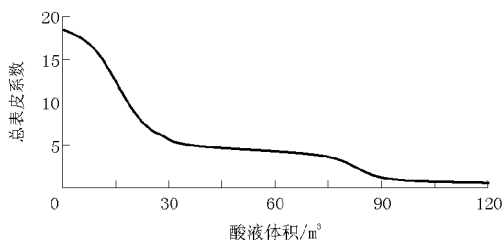


图2 总表皮系数模拟结果图

裂隙宽度。项目井采用盐酸做主体酸来进行酸化。同时为保证酸化效果,减少储层危害,选用了助排剂、缓蚀剂、防膨剂、铁离子稳定剂等添加剂,其作用如下:

助排剂:有利于酸液的返排。

缓蚀剂:最大限度的减少盐酸对套管的腐蚀。

防膨剂:防止水敏型地层膨胀。

铁离子稳定剂:减少或防止铁离子形成的氢氧化铁沉淀对含水层再次堵塞。

酸化时严格控制泵入速度、压力、酸量。作业完成后应及时排酸。

3.2 酸化施工

3.2.1 工作步骤

(1)通井。下钻通井到底,确保裸眼段畅通,以顺利下入 $\text{Ø}127\text{ mm}$ 无接箍套管。井底的清洁程度是成功酸化处理的重要条件。井底如被泥浆、泥皮、岩屑堵塞,将阻碍酸液深入地层起化学反应,严重影响酸化效果。

(2)下管。下入 $\text{Ø}127\text{ mm}$ 无接箍套管590 m(打孔440 m,孔隙率12%)。

(3)安装采油树。本次施工采油树选用250型,固定。

(4)管柱。根据热储位置确定封隔器下入深度,应位于三开套管内,即 $2100 \pm 1\text{ m}$ 。管柱见图3。

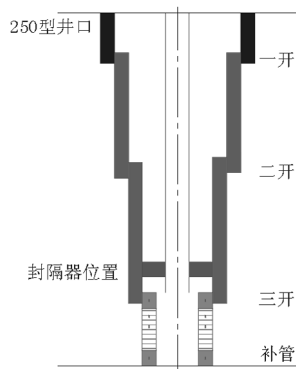


图3 管柱示意图

(5) 配制酸液。配制酸液的程序:水→保护剂→稳定剂→工业盐酸→表面活性剂。

用清水配制合格酸液。配前计算水、盐酸、添加剂的用量。

(6) 试压、打平衡。采用清水试压,压力为26 MPa,打平衡 ≤ 4 MPa。

(7) 注酸。采用压裂车专业注酸。酸化反应时间不宜过长或过短。

(8) 排酸。用空压机排酸,要求残酸浓度 $< 0.2\%$ 。

3.2.2 技术参数

酸化作业参数为:(1)压力 ≤ 20 MPa;(2)正挤;(3)汽化水排酸。

3.3 酸化作业环境保护

酸化作业易产生环境污染的物质主要包括酸化废液、酸化施工的残酸、添加剂残液、酸化中产生的固体废弃物、施工后清洗产生的废水、返排产生的废液等。若污染物处理不合理,将给自然环境造成严重污染。酸化作业环保首先要保证施工效果和质量,减少危害因素及污染。其次,应做好酸化施工过程中的监管工作,定期巡检,对酸化作业中的环保、卫生工作认真检查,以减少污染事件的发生。对污染物采用最佳的处理方法,废液不得任意排放,减少污染。酸化作业应由专业施工作业队完成,以节约自然资源、保护生态环境为基点,坚持环境资源保护与可持续发展并重的原则。

3.4 酸化成果

本井于2014年4月20日、4月25日、5月10日先后进行了3次酸化压裂作业进行增产。酸化作业井段为2242.3~2620.8 m,共9组裂隙。油管下至2180 m,封隔器位置2100 m,固定采油树,试压压力26 MPa,打平衡4 MPa,采用2台酸化压裂车注酸。

主要酸化结果如下:

(1) 第一次酸化打入20% HCl共120 m³,最高泵压20 MPa,排量1.5 m³/min,共用时4 h,出水量由5.4 m³/h增加到55.34 m³/h,井口水温由50℃增加到70℃。

(2) 第二次酸化打入20% HCl共80 m³,最高泵压20 MPa,排量1.5 m³/min,共用时3 h,出水量由55.34 m³/h增加到62.29 m³/h,井口水温由70℃增加到71℃。

(3) 第三次酸化打入20% HCl共150 m³,最高泵压20 MPa,排量1.5 m³/min,共用时5 h,出水量

由62.29 m³/h增加到80.83 m³/h,井口水温由71℃增加到72℃。

3次酸化后产量均有不同程度地提高,扩大了碳酸岩地层裂隙,水层得以连贯沟通。

3.5 降压试验

2014年5月14日,本井开始进行3个落程的稳定流降压试验。水位降深通过变频器控制,出水量用三角堰观测,采用5 in潜水泵,下入5 in钻杆代替泵管,泵的功率为120 kW,扬程为180 m;水位用测线和电流表观测;井口水温与气温用留点温度计观测;测得HD-39B井初始静水位为133.04 m,对应液面温度34℃。各落程持续时间分别为48、10、10 h,稳定时间分别达到28、9、9 h。

该井水温水量均有大幅提升,充分说明了酸化增产措施对地热井施工的有效性。

4 结语

酸化增产措施对碳酸岩岩溶裂隙地热井大有裨益,从很大程度上强化了深层穿透裂缝能力,疏导热储裂隙,增加渗流面积,消除阻塞,达到了预期的水温、水量的要求。

近年来天津地区采用对井模式保护性开发地热资源,采用酸化增产工艺措施,对地热这一绿色长期合理有效利用有着深远的影响,对我国地热资源开发健康、持久、稳定发展,起到了一定的推动作用,值得在碳酸盐岩地层地热中推广应用。

参考文献:

- [1] 王平,宗振海,李振杰,等.酸化液压技术在地热增产中的应用分析[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2011,38(10):30-33.
- [2] 马忠平,杜槟,鲍卫和,等.酸化压裂工艺在地热井中的应用[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2007,34(2):45-47.
- [3] 胡振兴.砂岩储层酸化机理探讨与研究[J].内蒙古石油化工,2012,(14).
- [4] 万仁浦.采油技术手册—压裂酸化工艺技术[M].北京:石油工业出版社,1998.
- [5] 王平,程万庆,宗振海,等.酸化液压技术在地热增产中的应用分析[J].城市地质,2011,6(2):49-54.
- [6] 孙瑞娜,孙晓瑞.碳酸盐岩油气层酸化技术研究进展[J].化工技术与开发,2014,(3).
- [7] 赵艳.压裂酸化井层优选方法研究[J].内蒙古石油化工,2012,(11).
- [8] 王连成,李明朗,程万庆,等.酸化压裂方法在碳酸盐岩热储层中的应用[J].水文地质工程地质,2010,(5).
- [9] 酸化与酸洗处理水井增加出水量的基本方法[J].勘察技术资料,1975,(16):32-37.