

裸孔长水平井苏 75 - 70 - 6H 连续 压裂微地震监测

王万迅¹, 叶连池¹, 王立治¹, 段正中²

(1. 华北油田公司苏里格项目部, 内蒙古乌审旗 017300; 2. 渤海钻探公司长庆事业部, 天津 300270)

[摘要] 苏 75 - 70 - 6H 井是依靠国产技术完成的规模最大的裸孔水平井压裂井, 水平段南北走向。微地震监测给出了每段压裂裂缝是否形成及形成位置、形态, 指导压裂施工继续进行; 监测出压裂液漏泄段, 预警出现砂堵的可能; 保证了压裂施工的成功, 证明了国产井下工具完全可以实现多段压裂改造。监测结果准确反映指导了压裂施工过程。

[关键词] 压裂; 微地震监测; 裂缝

[中图分类号] TE19 [文献标识码] A [文章编号] 1009 - 1742(2012)04 - 0004 - 04

1 前言

水平井苏 75 - 70 - 6H 是苏里格气田裸孔完井的大型水平井, 水平段南北走向, 长度 1 200 m, 深度 3 400 m; 采用了国际上最新的水平井完井理论, 裸孔完井分 10 个压裂段。裸孔完井简化了完井施工过程, 降低了完井成本; 增大了井筒与地层的交换面积, 可以提高产量。裸孔完井也增大了风险: 没有套管支撑, 井壁易塌陷; 分段封隔器与地层接触不好, 易发生压裂液漏泄, 发生段串; 压裂在不希望首先压开的井段形成裂缝, 阻碍压裂施工的顺利进行。鉴于裸孔完井水平井压裂施工难度较大, 通常采用国外的井下器材(包括井下封隔器)、国外的监测技术实施压裂施工与控制。

苏 75 - 70 - 6H 井压裂采用国产井下工具及国内微地震压裂监测技术, 是依靠国内技术完成的规模最大的裸孔水平井分段压裂: 压裂液 4 200 m³, 加砂 400 m³, 连续施工 30 h。10 个压裂段均压裂成功, 实现日产气 20 万 m³, 获得了巨大的经济效益。也为国内井下工具及微地震监测技术开拓了一个市场^[1]。

来自其他方面的信息表明, 初次压裂裂缝发生

在水平段根部, 根部压裂裂缝阻碍压裂液、加砂液通过, 其他水平段已经无法压裂。监测表明, 初次压裂裂缝发生在水平段端部, 水平井可以依次压裂。结果表明, 监测结果是正确的, 在监测指导下, 苏 75 - 70 - 6H 井顺利完成压裂施工。

2 试压裂及微地震监测

由于该井下完压裂管柱后试压没有达到要求的目标, 对国产井下工具泄漏点的位置存在怀疑, 为了找出泄漏位置, 在正式压裂前进行试压裂, 判断初次压裂的人工裂缝位置。如果初次压裂的人工裂缝出现在根部, 井下工具失效, 只有根部的一段可以压裂投产, 其余水平段及井下工具作废; 如果初次压裂的人工裂缝出现在端部, 可以依次压裂, 有希望压裂 10 段, 达到最大开采效率。一些间接证据倾向于初次压裂的人工裂缝出现在根部, 进行连续分段压裂已不能提高采气量, 而且会形成巨大的施工浪费。微地震监测表明: 初次压裂的人工裂缝位于端部设计的压裂段位置; 人工裂缝方向近井平行于水平段, 远井转向最大水平主应力方向, 与理论设计相符; 建议连续实施水平井压裂。监测站布站图见图 1。

图 1 中, 横轴南北向, 灰色线是水平井水平段位

[收稿日期] 2012 - 02 - 14

[作者简介] 王万迅(1963—), 男, 河北泊头市人, 高级工程师, 主要从事油气开发研究和管理工作; E-mail: hbytslg_wwx@petrochina.com.cn

置,南部是(左侧)端部,北部(右侧)是水平井起始段——根部;■表示各水力压裂作业段在地面的投影,●、▲及其框图是第一套仪器实施监测时的监测台站位置及控制压裂井段,○、●及其框图是第二套

仪器监测台站位置及控制压裂井段,试压裂同时使用两套仪器。监测结果表明,试压裂裂缝出现在端部、图1中标号为1的位置上,井下工具工作正常。

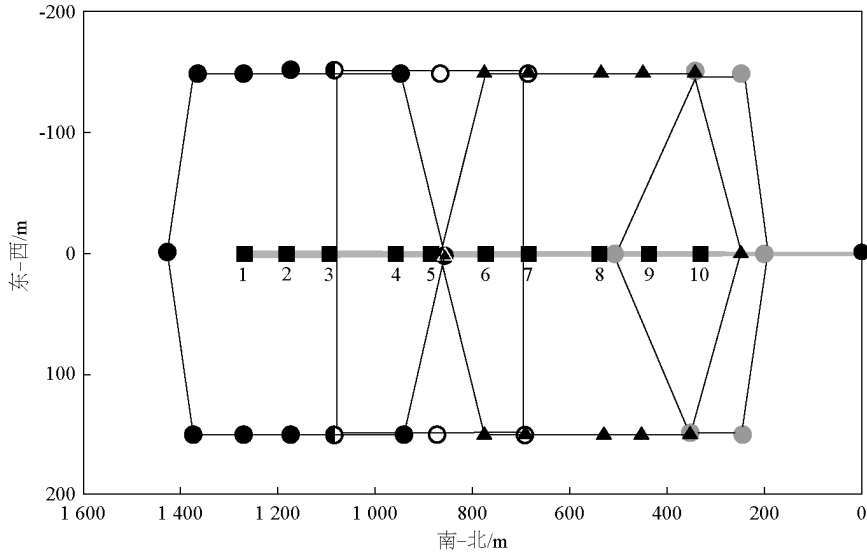


图1 苏75-70-6H井微地震监测布站图

Fig.1 Geophone distribution of microseismic monitoring for Well Su 75-70-6H

从俯视图(见图2)中可以清晰地看到每个震源点的位置,微地震应该沿着裂缝发生,整个震源点分布指明了裂缝扩展的方向,色度表明微地震发生的时间顺序。两条坐标零线的交汇位置是设计第一个压裂段位置,初破裂出现在第一个压裂段中心稍偏南位置,压裂裂缝方向北东东向,是一个油田最期望的裂缝形态。

3 压裂施工及微地震监测

依据试压裂微地震实时监测结果,油田排除其他疑问,实施了连续压裂施工。施工过程中进行微地震监测,微地震监测表明上一段压裂成功,且位置在设计压裂段内,立刻投球,打开下一段的出液孔,压裂下一段。第一段正式压裂实时微地震监测结果俯视图见图3。

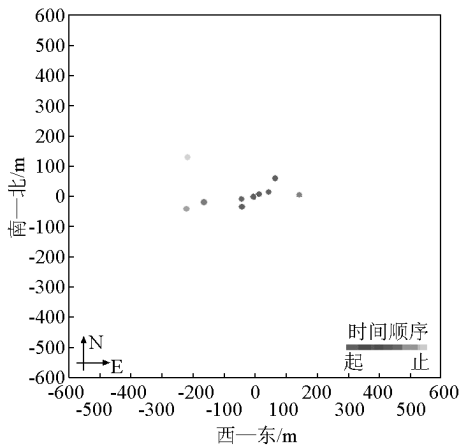


图2 试压裂微地震监测结果俯视图

Fig.2 Plan view of microseismic monitoring

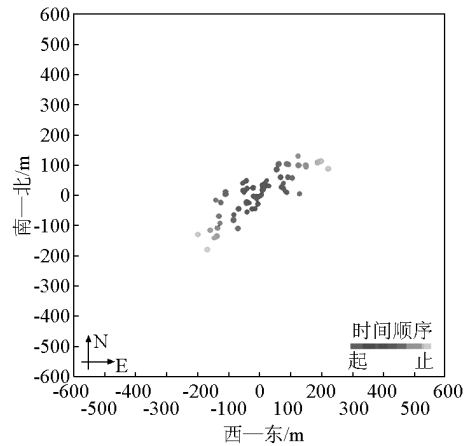


图3 第1段压裂监测俯视图

Fig.3 Plan view of microseismic monitoring for layer No. 1

图2、图3表明:试压裂与正式压裂的人工裂缝趋势相同,由于压裂规模不同,正式压裂的微地震点密度增大;初破裂位于第一压裂段中心;井下工具工作正常。看到这一结果后,立刻按计划实施连续压裂。每段接近压裂结束时,投球封堵该压裂段,打开下一压裂段的出液孔,转入下一压裂段压裂施工。依照上述程序,10段压裂均获得成功,微地震监测结果指导了施工过程,增大了压裂施工成功的几率。

图4是第1段压裂前置液压裂时形成的裂缝及加砂液压裂形成的裂缝。结果表明,加砂液压裂形成的裂缝不比前置液压裂时形成的裂缝短,不能由此划分动态缝、支撑缝。在打入加砂液后,裂缝仍然会出现长度扩展。

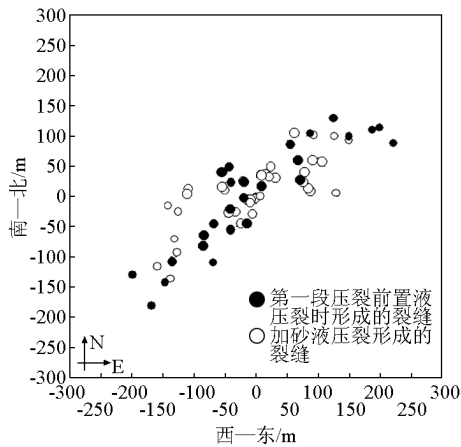


图4 第1段压裂前置液、加砂液的压裂裂缝
Fig.4 Plan view of before and after sand of microseismic monitoring for layer No. 1

图5是10段压裂的综合结果,用不同灰度表明不同段压裂时微地震监测获得的微地震源位置。

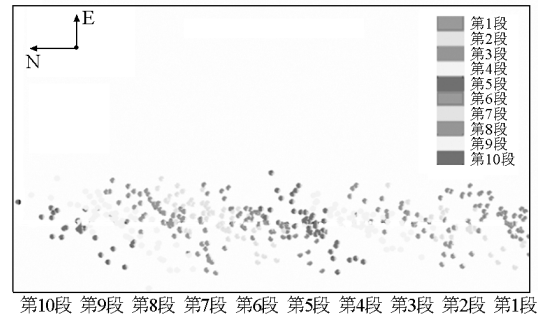


图5 苏75-70-6H井压裂裂缝综合图
Fig.5 Plan view of microseismic monitoring for Well Su 75-70-6H

由图5可以看出:1段压裂相对中心点略偏南;10段压裂存在可见的北串;4段向3段,6段向7段,7段向8段存在明显的段间干扰。由于第10段漏泄明显,后期加砂出现砂堵,分2段压裂(见表1)。10个水平段的人工裂缝彼此大体平行,这与水平段走向、最大水平主应力方向间的夹角有关^[2]。苏75-70-6H井所在地区的最大水平主应力方向约为北东60°,水平段南北走向,二者间的夹角为60°,使各水平段压裂裂缝大体平行^[3]。理论上,压裂裂缝在近井与水平段走向垂直,远井转向最大水平主应力方向。水平段走向与最大水平主应力方向的夹角越大,转向趋势越不明显,各水平段压裂裂缝的平行度也越好,但裂缝形态也越简单。表1给出了各段压裂裂缝参数。

表1 苏75-70-6H井压裂裂缝参数

Table 1 Hydraulic fracturing parameters for Well Su 75-70-6H

	统计方位	裂缝长度/m	左翼长/m	左翼误差/m	右翼长/m	右翼误差/m	高度/m	高度误差/m	裂缝面倾角/(°)
1段	58.7	480.94	245.01	11.44	235.93	11.98	38.52	3.33	1
2段	64.1	487.33	220.29	20.5	267.04	19.31	37.51	2.57	0
3段	64.5	441.94	225.68	15.79	216.26	15.39	38.5	3.22	1
4段	73.7	420.62	227.72	12.33	192.9	11.21	35.19	3.11	1
5段	52.8	431.63	216.09	15.97	215.54	11.41	34.89	3.08	0
6段	61.8	463.24	241.56	16.45	221.68	11.94	33.9	2.59	1
7段	63.6	484.84	248.79	13.45	236.08	10.29	34.73	2.97	1
8段	58.9	443.7	227.97	11.84	215.73	11.28	35.28	3.19	0
9段	54.1	542.64	294.63	15.21	248.01	9.23	35.26	3.15	0
10段 a	69.3	434.63	212.21	9.39	222.42	9.88	34.67	2.81	0
10段 b	64.0	407.45	230.29	20.50	177.16	13.58	39.22	2.45	0

4 结语

大型裸孔水平井压裂是一个工艺复杂的压裂施工,应该进行现场实时微地震监测。微地震监测结果对压裂施工的进行、施工过程、压裂结果均可以提出重要的指导性建议。

苏 75 - 70 - 6H 井是大型裸孔完井的水平气井,微地震监测结果证明了国产井下工具是可用的,压裂设计是可行的,排除了不必要的疑问。在施工过程中,给出每段裂缝发生、发展过程,表明了压裂施工成功的信息,指导油田开始下一段压裂。

监测到的压裂液漏泄可能伴随着砂堵,进一步的研究可以对砂堵做出预测,避免施工故障。

综上所述,微地震监测是一项可行的大型、连续裸孔水平井压裂监测技术。

参考文献

- [1] 齐铁新,刘建中,秦桂林. 井下裂缝连通技术在安棚碱矿的应用[J]. 中国工程科学,2006,8(7):63-67.
- [2] 闫志涛,刘建中,邱金平. 第三沉降带应力场研究[J]. 中国工程科学,2009,11(2):33-36.
- [3] 刘建中,孙庆友,徐国明. 油气田储层裂缝研究[M]. 北京:石油工业出版社,2008.

Microseismic fracturing mapping and fracturing of open-hole long horizontal Well Su 75-70-6H

Wang Wanxun¹, Ye Lianchi¹, Wang Lizhi¹, Duan Zhengzhong²

(1. Sulige Project, Huabei Oilfield Company, Wushenqi, Inner Mongolia 017300, China;

2. Changqing Division, Bohai Drilling Company, Tianjin 300270, China)

[Abstract] Well Su 75-70-6H is the largest open hole horizontal well fracturing built by domestic technologies. Orientation of horizontal section is north-south. Microseismic monitoring shows whether fractures are generated, locations and patterns of fractures, and further provides a guide for fracturing operations; monitoring can also identify location of possible fracturing fluid leakage, provide early warning of sand blocking and help evaluate the effectiveness of stimulation. It proves that domestic manufactured fracturing downhole tools can be used. The result of microseismic monitoring accurately reflect the operation process, as well as guide it.

[Key words] fracturing; microseismic monitoring; fracture