

The Uses of the Seismic Data in Dealing with the Well Leakage

Simin Gao

China University of Petroleum, Qingdao
Email: sgzmb@mst.edu

Received: Dec. 4th, 2013; revised: Dec. 19th, 2013; accepted: Dec. 25th, 2013

Copyright © 2014 Simin Gao. This is an open access article distributed under the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited. In accordance of the Creative Commons Attribution License all Copyrights © 2014 are reserved for Hans and the owner of the intellectual property Simin Gao. All Copyright © 2014 are guarded by law and by Hans as a guardian.

Abstract: In the exploration and development of oil and gas, seismic data are the important means to solve the problems. In this paper, in terms of seismic data, the downhole track analysis, the uses of active well-leakage prevention and the techniques and measures of plugging with drilling are summarized, which accumulates the experience for application of seismic data to solve the drilling problems in the well site. It is worthy of using in the other oilfields.

Keywords: Seismic Profile; Well Leakage; Leakage-Prevention; Plugging

地震资料在预防钻井漏失中的应用

高思敏

中国石油大学, 青岛
Email: sgzmb@mst.edu

收稿日期: 2013年12月4日; 修回日期: 2013年12月19日; 录用日期: 2013年12月25日

摘要: 在油气田勘探开发中, 地震资料是解决问题的重要手段。本文对在钻井过程中参考地震资料, 跟踪分析井下情况, 实施积极预防井漏和随钻堵漏的技巧与措施进行了总结, 为在钻井现场应用地震资料解决施工问题积累了经验, 值得推广。

关键词: 地震剖面; 井漏; 防漏; 堵漏

1. 问题的提出

在 WHN 气田的勘探与评价的过程中, 提高钻井速度一直是区域难题。有的主探井在施工过程中基本没有发生过漏失或阻卡现象, 但在其旁边距离 300 米左右所钻的评价井, 却有的上部地层就严重漏失, 并伴随提下钻阻卡; 而有的井则在中下部地层漏失严重; 还有的是在三开后主目的层 C 地层漏失严重。但也有相反的情况, 主探井在钻进过程中有漏失严重情况, 可其相邻评价井却一点钻井复杂都没有。地层分布与岩性或岩相带横向变化不大, 从地面上看没有什么规

律可循。但在第 2 轮评价井要上的时候, 为保护气层和降低钻井成本, 井身结构更加优化, 要求技术套管下到气层顶部附近, 目的是要最大程度减少因钻井复杂造成对气层污染。

为了应对这个保护气层的钻井方案, 钻井承包方立项进行技术攻关。从弄清工区内断层分布和地层压力分布开始, 特别是收集到地层顶界构造图时, 发现断层局部非常发育, 平面上有分组现象, 剖面上也颇有规律, 但在地层的上、中、下部又各不相同。特别是很多断层在剖面上没有断距, 上下和左右延展都很短, 有的几百米, 但区域内南北有两条主断裂, 对石

炭系油气分布起控制作用,并对上部地层中后期发生的断裂有一定的影响或控制作用。

断层是钻井施工的大敌^[1,2]。但一般情况下,上部多为砂泥岩地层,断距甚微的断层一般对钻井液使用不构成影响,但该工区内平面上小断层有成组分布的特点,落在断层区内的井受断层影响明显。影响程度与距离小断层的距离有关,受底部主控断裂相对位置的影响更明显。通过推断和实际验证,利用井位与断层的相对位置关系提前作好防漏堵漏准备,有效地控制了钻井复杂^[3]。

2. 工区概况

WHN 气田是由 W14 井在石炭系火成岩地层中发现的,是用地震资料对岩性预测和喷发相研究的结果。

2.1. 地貌特征与交通

WHN 气田,地表为沙漠,沙梁起伏明显,有少量植被,流沙厚度 60~150 米。没有公路,沙漠修路成本高,需要从沙漠外围拉运黄土、碎石铺垫,道路两侧需要用芦苇杆构筑防沙堤。

2.2. 地层特征

地层发育正常(见表 1),主要目的层在 C。

1) 图 1 断层与井位构造图、过井剖面图。图 1(a)、(b)是根据地震资料绘制的断层分布图,圆圈为已钻井的位置。图 1(a)表明工区内 J 地层发育有诸多小断层,断层规模小、延伸短;而图 1(b)显示 C 就有断距大且对油气藏分布有控制作用的深部断层。图 1(c)是过

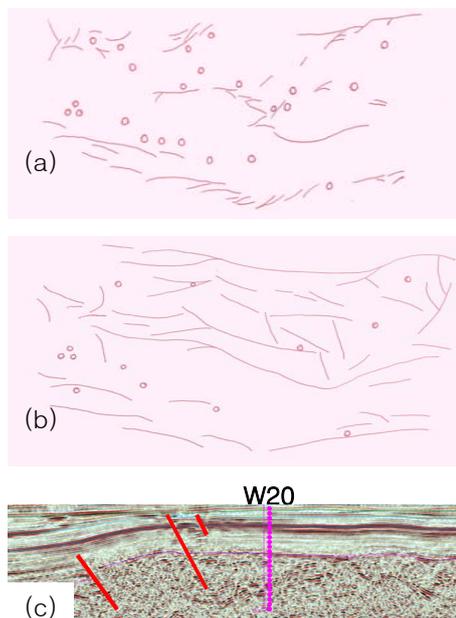


Figure 1. Faults and well-positions in plane and in profile: (a) Faults and well-positions in the geological map of the top Jurassic; (b) Faults and well-positions in the geological map of the top Carboniferous; (c) Seismic profile passing-through the well W20
图 1. 断层与井位平面与剖面图:(a) J 顶界断层分布与井位示意图;(b) C 顶界断层分布与井位示意图;(c) 过 W20 井的地震剖面图

W20 井的地震剖面,可以看到上部地层发育的小断层和 C 发育的深大断层特征。该区上部地层和 C 地层明显发育了两套断层体系^[4]。

2) 图 2, 过井地震剖面图。图 2(a) W11 井过井地震剖面图,底部地层断层发育,且有的断达上部地层。图 2(b) W14 井过井地震剖面图,下部地层断层发育。图 2(c) W181 井过井剖面图,断层不发育,或离得远。

3. 钻井难点与对策

WHN 气田的发现井是 W14 井,在石炭系火山岩中获得高产气流(含凝析油)后,又先后在 W17 井、W18 井获得突破。但在钻井施工中,有的井井漏频繁、漏失量大,给钻井提速和气层保护带来了极大的困难。

3.1. 钻井复杂和事故时率偏高

在勘探和评价初期的钻井中,对上部地层中断续发育小断层没有给予足够的注意,钻井过程中漏失频繁,钻井复杂和事故时率偏高,但其原因不清,严重影响了钻井施工速度和效益^[5,6]。

3.1.1. 主要复杂是井漏

从表 2 可以看出,钻井过程中发生井漏次数达 46

Table 1. The geological features in the block
表 1. 工区地质特点

地质分层			钻井复杂现象
界	系	组	
K _z	Q	Q	地表流沙,易窜、垮,防漏。
	K	K1	中上部膏质泥岩,有底砾岩。
M _z	J	J1s	砂泥岩为主,防漏。
		J1b	煤层防垮、漏,有底砾岩。
T	T3b-T1b		泥岩预防垮塌,防漏。
	P	P3w	上部泥岩易垮塌,防漏。
P _z	C	C	风化壳、破碎带、裂缝发育,易漏;火山岩为主,可钻性差。

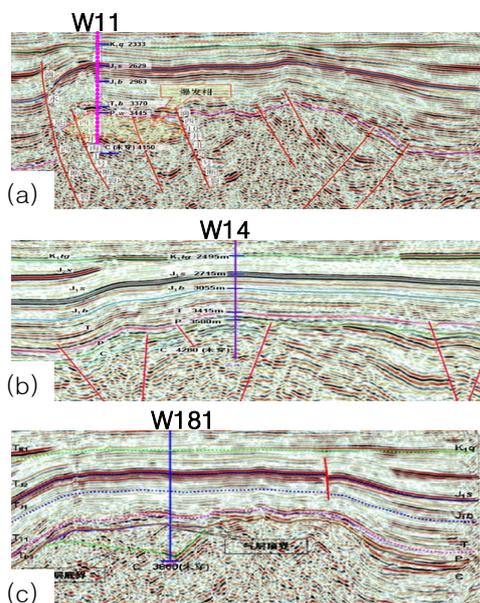


Figure 2. Faults and well-positions in profiles passing-through the wells: (a) The faults features in the bottom strata through the well W11, some up to the top strata; (b) The faults are more in the bottom strata through the well W14; (c) The faults are less or far from the well W181

图 2. 断层与井位过井剖面图: (a) W11 井底部地层断层发育, 有的断达上部地层; (b) W14 井下部地层断层发育; (c) W181 断层不发育, 或离得远

Table 2. The well-leakage and blocked/stuck with drilling in well group 1 by the strata

表 2. 第一轮井漏失与阻卡的分层统计

层位	井漏		阻卡
	漏失次数	漏失量(m ³)	
K1	17	809	2
J	13	690	
T	5	339	
P	8	297	5
C	3	203	
合计	46	2338	7

井次, 并因发生井漏而导致阻卡 7 次, 所以井漏是钻井复杂的主体。

1) 井漏的特点: 钻井施工中漏失频次多, 第一轮井井漏达 46 井次、漏失层位多、漏失量大, 几乎每个层位都发生过漏失, 有的层位漏失更频繁、漏失量更大些。

2) 井漏的现象: 同在一个井区, 有的井不漏或漏失不严重, 而有时相邻的井却漏失严重, 造成处理时间长, 甚至导致阻卡和次生卡钻事故。

3.1.2. 井漏的原因

漏失是地层因素、断层因素和施工措施三个方面造成的。

1) 首先是**地层因素**, 在二开井段上部地层承压能力低, K1、J 地层压力系数 < 1.0 , 而 T、P 泥岩段坍塌压力系数为 1.3~1.4。实际应用中, 若照顾上部地层 (K、J) 不漏则 P、T 地层易于引起井眼缩径、井壁垮塌, 导致钻井受阻或卡钻事故; 若照顾 P、T 地层不垮, 则上部 K、J 地层易于发生严重漏失, 造成井下复杂。

2) 其次是**断层因素**, 该区块上部小断层主要是张性断裂, 容易引发井漏。下部 C 地层主要是逆断层, 是火山岩地层裂缝发育的主要原因。二开段小断层发育, 断层面陡、断距不明显、横向和纵向上延伸范围小, 容易被忽视。上部地层和下部地层发育着两套断裂系统, 靠近断层的井易于发生井漏。三开段为 C 地层, 火山岩地层, 裂缝发育、微裂隙发育, 易于发生漏失。主要有三种情况: 第一种情况, 靠近断裂(尤其是断至近地表的断裂)漏失极为严重。第二种情况, 三工河以下地层断裂发育的, 则下部地层出现漏失。第三种情况, 离断层相对较远, 且构造平缓的井, 发生漏失的少。

3) 再就是**施工措施**, 如何降低液柱压力、控制因下钻、开泵造成的激动压力, 如何选择防漏与堵漏的时机进行积极防漏与堵漏也是关键因素。

3.1.3. 井漏的结果

1) 堵漏时间长: 造成钻井速度慢、周期长、成本高。

2) 储层保护难: 三开井段火山岩断裂和裂隙发育, 极易发生井漏污染储层。该区 C 主要是气层, 而气层对储层伤害更为敏感。

3.2. 钻井井漏基本对策与实施

在 WHN 气田勘探评价的钻井过程中, 通过收集地震资料、分析断层分布, 确定断层与待钻井井位在空间上的相对关系, 寻找钻井井漏的规律, 并在实际应用中有针对性地采取预防与堵漏措施^[7], 取得了显著效果。

3.2.1. 一开井段, 重点是表层防窜

1) 表层漏失的危害: 因表层是沙漠地区的未成岩

流沙层,在钻井过程中易发生窜漏、易发生井壁垮塌,从而造成卡钻事故及井场钻机基础下沉、塌陷,严重的会威胁到钻机安全,有的被迫挪动井位,造成钻机二次搬家和安装。

2) 确定表层套管的下深:设计 200 米。其原则是钻揭流砂层后钻 30~50 m 泥岩下表层套管。

3) 防漏与堵漏措施:首先是采用高坂含泥浆(10%~15%坂土粉),有效封堵流沙层;其次是配备以综合堵漏剂为主的堵漏泥浆(若一开井段用不上,在二开井段仍可使用,不会浪费),以便发现井漏就及时堵漏;再就是发生井漏后及时进行堵漏,并将钻具快速提至安全井段以防止卡钻。

3.2.2. 二开井段,重点是上部地层防漏、下部地层防塌

1) 分析断层分布,判断断层影响程度:首先根据过井地震剖面和分层构造图分析待钻井周围、上下受断层影响程度。

2) 根据断层上下左右分布特点,大致确定可能发生漏失的地层/井段和可能的漏失强度。并参照邻井实钻资料,判断漏失类型(属裂缝性或孔隙性),制订有针对性的防漏与堵漏措施。

3) 采取防漏与堵漏的有效措施:首先是防止人为造成井漏,泥浆密度要使用设计的低限,性能上要强化封堵护壁能力,要做到柔性开泵、要控制提下钻速度,目的就是要避免造成液柱压力激动。其次是钻到可能漏失层段,要提前 50 米使用堵漏泥浆达到防漏的目的,一旦遇到井漏就及时采取堵漏措施。针对渗透性漏失,可以建立循环时,则以微渗透堵漏材料和综合堵漏剂为主,复配少量<2 mm 的核桃壳,堵漏剂加量控制在 5%~10%,以控制井筒环空循环压耗。堵漏成功后可带堵漏剂钻过高渗透性层后可逐步筛除堵漏材料。而针对裂缝性漏失,井口失返时,以>5 mm

以上的核桃壳为主,复配使用综合堵漏剂。堵漏剂加量控制在 10%~20%,将堵漏泥浆替入漏层后提钻至安全井段静止(为保证堵漏效果,可采取井口加回压的方法将部分堵漏泥浆挤入到漏失层内),然后分段下钻洗井,洗井时可筛除部分堵漏材料,降低井筒环空循环压耗,防止堵漏剂浓度过高,造成裸眼段其他薄弱地层诱发井漏。若漏失情况严重,采取桥塞堵漏方法无效时,建议进行注水泥浆堵漏,通过封死漏层达到快速堵漏的目的。再就是,每次堵漏后,可以采取井口加回压的方法进行地层承压试验,获取地层承压能力,以便随后再发生井漏时准确分析和判断漏失的层位。

3.2.3. 三开井段,重点是防止裂缝性漏失和油气层保护

- 1) 重点做好井控工作,有效预防发生漏喷转换。
- 2) 采用易于储层破堵的优质泥浆体系,保护储层。
- 3) 按照断层发育程度判断漏失层段,采取防漏泥浆。具体要点与二开井段一致。

4. 实施效果分析

在分析研究的基础上,严格执行防漏与堵漏技术措施,特别是根据断层影响和邻井漏失类型,确定防漏与堵漏泥浆的最佳使用时机或井段,一是有效避免提前使用而降低钻速;二是有效避免因使用不及时而导致井漏。在总结第一轮井钻井施工经验的基础上,对第二轮井和第三轮上钻的井进行措施组织和现场跟踪分析,事故时率和复杂时率显著下降,钻井速度显著提高(见表 3)。据初步测算,与第一轮井相比,一口井钻井成本至少节约 120 万元(人民币)。

5. 结论与建议

通过该气田 3 轮井的钻井施工,总结摸索出 3 条

Table 3. The major technical and economical data in well group 3
表 3. 第三轮井主要技术经济指标

钻井指标(平均值)	第一轮井	第二轮井		第三轮井	
		指标值	同比第一轮井	指标值	同比第一轮井
钻井月速度(m/台月)	1056	1333	↑ 26.2%	1627	↑ 54.0%
事故时率(%)	5.1	2.7	↓ 47.1%	0.86	↓ 83.1%
复杂时率(%)	2.8	0	↓ 100%	1.07	↓ 61.5%

基本经验:

1) 摸清断层分布。断层是引发钻井井漏、阻卡的重要因素,而隐性小规模断层的识别是预测和判断钻井复杂的关键,但在钻井设计中时常会被忽视。上钻前,要收集工区内分层地质构造图和过井剖面图,从横向和纵向上认真分析断层发育情况。

2) 确定防漏与堵漏的时机和井段。针对易于发生井漏的井区,应采取积极防漏与堵漏措施,确定采取防漏与堵漏泥浆的最佳时机或井段,落实控制下钻速度和柔性开泵等防漏措施。

3) 确定合理级配,提高堵漏的针对性和有效性。注重邻井实钻资料的收集,准确判断漏失类型(裂缝性或孔隙性漏失),通过泥浆颗粒级配与地层承压能力关

系实验,确定合理的堵漏颗粒级配,进而提高堵漏的针对性和有效性。

参考文献 (References)

- [1] Whittaker A. (1985) Field geologist's training guide. IHRDC, Boston.
- [2] Whittaker, A. (1991) Mud logging handbook. Prentice-Hall, Englewood Cliffs.
- [3] 王秉海, 钱凯, 主编 (1992) 胜利油田地质研究与勘探实践, 石油大学出版社, 东营市.
- [4] 陆基孟 (1980) 地震勘探原理. 石油工业出版社, 北京.
- [5] 李天向 (2000) 钻井手册(甲方). 石油工业出版社, 北京.
- [6] 蒋希文 (2006) 钻井事故与复杂问题(第二版). 石油工业出版社, 北京.
- [7] 长城钻井 (2005) 钻井液技术手册. 石油工业出版社, 北京.