

◆固井与泥浆◆

复杂套管固井质量评价方法探讨

夏竹君 李俊舫 游佳雄 王彦波 王 强

(中原石油勘探局地球物理测井公司,河南濮阳 457001)

摘要:在 $\phi 139.7\text{ mm}$ 套损井内下入 $\phi 101.6\text{ mm}$ 套管并重新固井,是延长套损井寿命的有效手段之一。为了研究声幅-变密度测井技术评价复杂套管固井质量的方法,在7口井中进行了试验,即在下小尺寸套管前后分别进行声幅-变密度测井,开展对比分析,总结出了声幅-变密度测井资料在不同固井质量时的响应特征,初步形成了复杂套管固井质量的评价方法,现场应用取得了较好的效果。

关键词:水泥胶结测井;声波全波列测井;固井质量

中图分类号:TE26 **文献标识码:**B **文章编号:**1001-0890(2006)05-0049-03

统计表明,中原油田套管损坏井的套损特征主要表现为套管漏失、变形(缩径、错断)^[1-2],其原因主要有盐膏层的蠕动、射孔压裂、油层出砂、注入水侵入盐岩和泥岩层等^[1]。近几年,为了节约成本,提高套损井的利用率,中原油田提出了对部分套损井采用下小尺寸套管重新固井的方案,以延长生产井寿命。然而如何准确评价这类复杂套管井的固井质量,是一个新的课题。

1 复杂套管固井试验

为了研究复杂套管固井质量评价方法,中原油田2003年在7口井中进行了试验(其中5口采油井,2口注水井),即对原 $\phi 139.7\text{ mm}$ 生产井套管进行洗井、通井后,在全井段进行声幅-变密度测井,评价原套管的固井质量;然后下入 $\phi 101.6\text{ mm}$ 套管,全井段固井,3~8 d后再进行声幅-变密度测井,通过两次声幅-变密度测井资料的对比分析,研究复杂套管固井质量的评价方法。

2 复杂套管固井质量评价方法^[3-4]

将 $\phi 101.6$ 与 $\phi 139.7\text{ mm}$ 套管之间的水泥环称为水泥环1, $\phi 139.7\text{ mm}$ 套管与地层之间的水泥环称为水泥环2,第一界面为 $\phi 101.6\text{ mm}$ 套管与水泥环1的胶结面,第二界面为水泥环1与 $\phi 139.7\text{ mm}$ 套管的胶结面,第三界面为 $\phi 139.7\text{ mm}$ 套管与水泥环2的胶结面,第四界面为水泥环2与地层的胶结面。测井时以自由套管的套管波作为刻度标准,并定为无水泥胶结的基准值。

将下入 $\phi 101.6\text{ mm}$ 套管前后的声幅-变密度测井资料进行对比,根据胶结情况总结出如下特征:

1) 第一界面胶结差。如图1所示,下入 $\phi 101.6\text{ mm}$ 套管前后的声幅曲线值均很高,变密度波形特征均显示套管波信号强,地层波信号弱,套管接箍明显,但接箍深度位置不同,说明第一界面胶结差时,声波能量大大衰减,无法传播到其它界面,因此无法评价第二、三、四界面的胶结情况。

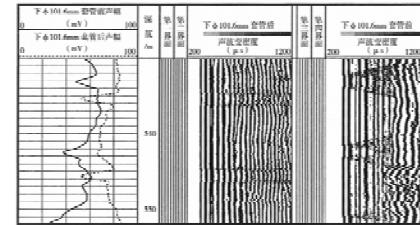


图1 声幅-变密度测井资料对比

2) 第一、二界面胶结好,第三界面胶结差。如图2所示,下入 $\phi 101.6\text{ mm}$ 套管前的声幅曲线值较高,变密度波形特征显示套管波信号强,地层波信号弱,套管接箍明显,说明第三界面的胶结很差。下入 $\phi 101.6\text{ mm}$ 套管后录取的声幅曲线值较低,变密度波形特征显示套管波信号强,但第一道套管波缺失,地层波信号弱,套管接箍明显,套管长度及接箍位置与 $\phi 139.7\text{ mm}$ 套管的相同,说明第一、二界面胶结好,第三界面胶结差。声波信号经第一、二界面传播到第三界面,能量大大衰减,此时套管波反映的是 $\phi 139.7\text{ mm}$ 套管的特征,证明根据下入 $\phi 101.6\text{ mm}$ 套管后的声幅-变密度资料,在第一、二界面水泥胶

收稿日期:2005-09-06;改回日期:2006-06-16

作者简介:夏竹君(1974—),女,1997年毕业于江汉石油学院测井专业,工程师。

联系电话:(0393)4823574

结好时，能评价第三界面的胶结情况，但无法评价第四界面的胶结情况。

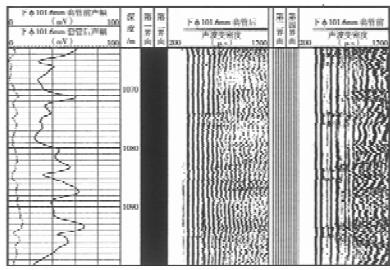


图 2 声幅-变密度测井资料对比

3) 第一、二、三界面胶结好，第四界面胶结差或中等。如图 3 所示，在 2 213~2 230 m 井段，下入 $\phi 101.6$ mm 套管前声幅曲线值偏低，变密度波形特征显示第一道套管波信号很弱，后续套管波稍强，地层波信号强，说明第三界面胶结好，而第四界面胶结差。下入 $\phi 101.6$ mm 套管后声幅曲线值很低，变密度波形特征显示套管波信号强，但第一道套管波缺失，地层波信号弱， $\phi 139.7$ mm 套管的套管接箍也可辨认，证明第一、二、三界面胶结好，能评价第四界面胶结差的情况。2 230~2 240 m 井段，下入 $\phi 101.6$ mm 套管前声幅曲线值较低，变密度波形特征显示套管波信号很弱，但能辨别，地层波信号很强，说明第三界面胶结好，而第四界面胶结中等。下入 $\phi 101.6$ mm 套管后声幅曲线值更低，变密度波形特征显示套管波信号比第四界面胶结差的情况弱，波形灰度明显降低，地层波信号增强，此时可认为第四界面胶结中等。资料对比显示，第三、四界面胶结中等或差时，下入 $\phi 101.6$ mm 套管后变密度波形图显示的套管波信号均增强。证明根据下入 $\phi 101.6$ mm 套管后的声幅-变密度资料在第一、二、三界面水泥胶结好时，也能评价第四界面的胶结情况。

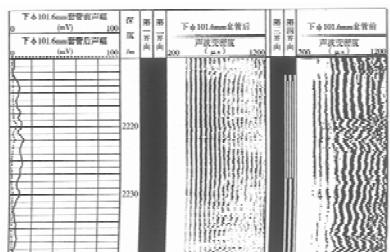


图 3 声幅-变密度测井资料对比

4) 第一、二、三、四界面胶结好。如图 4 所示，下入 $\phi 101.6$ mm 套管前声幅曲线值很低，变密度波形特征显示套管波信号缺失，地层波信号明显，类似于裸眼井声波测井信号，说明第三、四界面均胶结良好；下入 $\phi 101.6$ mm 套管后声幅曲线值也很低，变密度波形特征显示套管波信号很弱，甚至缺失，地层波信号明显，说明只根据下入 $\phi 101.6$ mm 套管后测的

声幅-变密度资料就能评价第一、二、三、四界面的胶结情况。

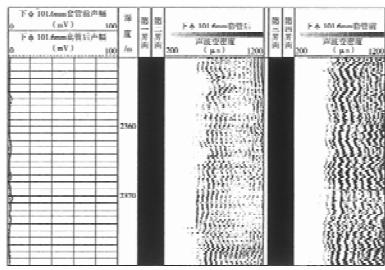


图 4 声幅-变密度测井资料对比

5) 第一界面胶结好，第二界面胶结中等或差，第三、四界面胶结好。如图 5 所示，在 2 111~2 135 m 井段，下入 $\phi 101.6$ mm 套管前声幅曲线值很低，变密度波形特征显示套管波信号缺失，地层波信号明显，说明第三、四界面均胶结良好；下入 $\phi 101.6$ mm 套管后声幅曲线值也很低，变密度波形特征显示套管波信号强，但第一道套管波缺失，第二道套管波较弱，地层波信号明显，此时可判断第二界面胶结中等。如果地层波信号很弱，可认为第二界面胶结差。

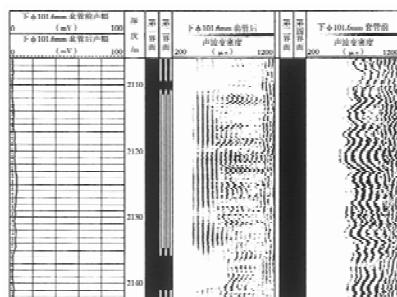


图 5 声幅-变密度测井资料对比

由于老井经过多年的开发，套管腐蚀、变形严重，还有管内结蜡、结垢、油污沾附等，造成固井时水泥与套管不能很好胶结，因此在变密度波形图上反映的特征与第三、四界面胶结差时的很相似，因为在复杂套管内第一道套管波缺失，说明第一界面胶结良好，而第二道套管波的位置恰好是 $\phi 139.7$ mm 套管的首波位置，因此在无下入 $\phi 101.6$ mm 套管前的资料进行对比时，判断第三、四界面的胶结情况存在一定困难，这就是评价复杂套管固井质量的难点。

在实际评价工作中，如果没有下入 $\phi 101.6$ mm 套管前的资料进行对比，也可参考该井完井时测的固井资料。

3 现场应用分析^[5]

截止 2005 年 4 月，中原油田在套损井内下入 $\phi 101.6$ mm 套管二次完井共 19 口（采油井 13 口，采气井 2 口，注水井 4 口），利用该方法对固井质量进行评价，根据评价结果设计开发方案，油气井选择生

产层位, 投产后, 均达到了不同程度的增产效果; 水井选择注水层位, 投注后, 均提高了有效注水量。

3.1 改善油井井况, 提高产油能力

文65-80井生产层18层(厚37.1 m), 下入 $\phi 101.6$ mm套管前, 产油0.8 t/d、产水60.9 m³/d, 综合含水98.5%。由于该井浅部套管多处变形, 无法实施增油降水作业。在原 $\phi 139.7$ mm套管内进行声幅-变密度测井, 在2 290~2 575 m含油较好的井段内, 声幅值很低, 变密度曲线上有明显的地层波。全井段下入 $\phi 101.6$ mm套管固井, 检查固井质量。在该含油井段内, 声幅值较低, 变密度曲线上套管波缺失, 部分井段有明显的地层波, 解释为第一、二界面胶结中等至良好, 第三、四界面胶结良好, 综合评价固井合格。在该井段内射开有潜力的产层, 稳定产油量5.3 t/d、产水1.9 m³/d, 综合含水26.7%。

3.2 改善气井井况, 恢复气井生产能力

文64井由于浅部套管破损严重而关井。在原 $\phi 139.7$ mm套管内进行声幅-变密度测井, 在2 850~3 050 m含气较好的井段内, 声幅值很低, 变密度曲线上有明显的地层波。全井段下入101.6 mm套管固井, 96 h后的声幅-变密度测井结果表明, 在该井段内, 声幅值较低, 变密度曲线上套管波缺失, 部分井段有明显的地层波, 解释为第一、三、四胶结良好, 第二界面胶结中等至良好, 综合评价固井质量为合格。投产2 797.0~3 026.2 m井段气层, 初期产气 5.4×10^4 m³/d, 截止2005年4月累计产气 1.104×10^4 m³, 取得了良好的效果。

3.3 改善吸水剖面, 提高有效注水量

胡12-54井下入 $\phi 101.6$ mm套管前正注压力11.5 MPa, 非目的层S_{3中}⁷⁻⁸窜槽吸水, 绝对吸水量为146.4 m³/d, 占91.5%, 目的层S_{3中}⁹⁻¹⁰绝对吸水量为13.6 m³/d, 占8.5%。下入101.6 mm套管前测量声幅-变密度曲线, 发现S_{3中}⁷⁻⁸窜槽吸水井段声幅值很高, 变密度曲线上有明显的套管波。下入 $\phi 101.6$ mm套管二次固井后的声幅-变密度测井结果表明, 在该井

段内, 声幅值较低, 变密度曲线上有明显的地层波, 分析认为固井时水泥已挤入 $\phi 139.7$ mm套管外窜槽井段, 第一、二、三、四界面均胶结良好。射开S_{3中}⁹⁻¹⁰, 正注压力16.0 MPa, 吸水量为120 m³/d, S_{3中}⁷⁻⁸不吸水。

4 结 论

1) 声幅-变密度测井技术能够评价复杂套管井的固井质量, 但评价标准与单层套管井的固井质量评价标准不同。

2) 通过对下入 $\phi 101.6$ mm套管前后的声幅-变密度测井资料进行对比分析, 认为在复杂套管井中, 声幅-变密度测井资料不仅能反应第一、二界面的胶结情况, 而且当第一、二界面的胶结好时, 还能评价第三、四界面的胶结情况。

3) 通过对下入 $\phi 101.6$ mm套管前后的声幅-变密度测井资料进行分析对比, 得到了在复杂套管井中各界面不同胶结情况下声幅-变密度测井资料的显示特征, 初步总结出了复杂套管固井质量的评价方法。

4) 现场应用表明, 复杂套管固井技术确实能够延长生产井的寿命, 复杂套管固井质量评价方法具有较强的实用性, 可以推广应用。

5) 对于重点井, 建议在下入 $\phi 101.6$ mm套管前进行声幅-变密度测井, 以检查原套管的固井情况, 提高复杂套管井固井质量的解释精度。

参 考 文 献

- [1] 王德良. 中原油田套管损坏原因分析及预防 [J]. 石油钻探技术, 2003, 31 (2): 36-38.
- [2] 吴晓东, 李远超, 马焕英, 等. 二连油田阿11断块油水井套损原因分析及治理对策研究 [J]. 石油钻探技术, 2005, 33(1): 9-11.
- [3] 楚泽涵. 声波测井 [M]. 北京: 石油工业出版社, 1986.
- [4] 郭海敏. 生产测井导论 [M]. 北京: 石油工业出版社, 2003.
- [5] 钟兴水, 耿全喜. 油田开发测井技术 [M]. 北京: 北京石油工业出版社, 1992.

[审稿 丁士东]

A Discussion about Cementing Quality Evaluation Methods for Complex Casing Strings

Xia Zhujun Li Junfang You Jiaxiong Wang Yanbo Wang Qiang

(Physical Geographical Well logging Company, Zhongyuan Petroleum Exploration Bureau, Puyang, Henan, 457001, China)

Abstract: It is one of effective means that running $\phi 101.6$ mm casing strings into a well with damaged casing strings of $\phi 139.7$ mm diameter and cemented again so as to prolong casing-damaged well life span seven wells has been tested respectively with acoustic amplitude log and variable density log before and after running slim casing strings to evaluate complex casing cementing qualities. Response characters of two logging methods in different cementing qualities have been summarized through contrasts and analysis of the results. Also, an method to evaluate complex casing cementing quality has been developed and applied in field with better accordance.

Key words: cement bond logging; full wavetrain acoustic logging; cementing quality