

川东地区固井技术

李福德 曾 毅

(四川石油管理局井下作业处)

李福德等. 川东地区固井技术. 天然气工业, 2003; 23(1): 47 ~ 49

摘 要 文章分析了川东地区与固井相关的地质地貌特征及井眼地质条件, 介绍了常用的固井工艺技术, 提出了川东地区固井所需重点考虑的防气窜、防漏失、防硫化氢腐蚀及提高固井质量的几个重要难点问题, 论述了解决这些问题的基本办法, 通过固井实例, 证明了这些办法的可行性和可靠性, 因而对进一步提高该地区固井质量具有较广泛的实际指导意义。

主题词 川东 深井 超深井 固井 技术

川东地区以碳酸盐岩为主要目的层的固井具有井深、裸眼长、油气水显示层位多、压力系统多、压力体系差异大、地层压力高、地温高、腐蚀介质 H_2S 含量高、套管长重量大、水泥量大、井下复杂等, 具有“两多三大三高一深长”的特点。多年来几代固井人针对这个地区存在的高低压气藏、低压易漏失多压力系统等七种类型井的井况, 采用了尾管固井、分级

固井、高密度水泥浆固井、低密度水泥浆固井、防气窜水泥浆固井等十余种固井方法, 应用了双胶塞固井、液压大钳上扣、铰链式套管扶正器、流变学注水泥设计以及计算机辅助设计与模拟技术等手段, 充分发挥了高性能自动混浆及配套固井设备、水泥添加剂、固井工具附件及固井“三参数”实时监测系统的作用, 基本满足了勘探开发的需要。现就该地区

年比 2000 年建井时间上升 13.45%, 增加的绝对数为 36 331 d, 这是由于钻井队伍规模扩大使它上升 7.14%, 增加的绝对数为 19 291 d, 和由于建井时间占钻井日历时间比重的提高使它上升 5.90%, 增加的绝对数为 17 040 d, 这两个因素共同影响的结果。

(3) 行程钻速分析。该钻探公司行程钻速 2001 年比 2000 年行程钻速上升 22.56%, 增加的绝对数为 0.30 m/台时, 这是由于纯钻速的提高使它上升 28.70%, 增加的绝对数为 0.36 m/台时, 和由于纯钻进时间在行程钻速中的比重降低使它下降 4.36%, 减少的绝对数为 0.06 m/台时, 这两个因素共同影响的结果。

(4) 钻机月速度分析。该钻探公司钻机月速度 2001 年比 2000 年钻机月速度上升 12.33%, 增加的绝对数为 87.25 m/台月, 这是由于纯钻速的提高使它上升 28.70%, 增加的绝对数为 177.20 m/台月, 和由于纯钻进时间率的降低使它下降 12.71%, 减少的绝对数为 89.95 m/台月, 这两个因素共同影响的结

果。

(5) 周期钻速分析。该钻探公司周期钻速 2001 年比 2000 年周期钻速上升 7.43%, 增加的绝对数为 40.16 m/台月, 这是由于纯钻速的提高使它上升 28.70%, 增加的绝对数为 129.44 m/台月, 由于纯钻进时间率的降低使它下降 12.71%, 减少的绝对数为 65.70 m/台月, 和由于钻井工作时间比重的降低使它下降 4.54%, 减少的绝对数为 23.58 m/台月, 这三个因素共同影响的结果。

参 考 文 献

- 1 张明泉, 胡三平等. 石油企业经济活动分析. 北京: 石油工业出版社, 1999
- 2 陈武, 张明泉. 油田勘探总成本变动分析. 西南石油学院学报, 1998; (3)
- 3 欧阳超编著. 油田企业统计分析. 北京: 石油工业出版社, 1994

(收稿日期 2002 - 06 - 28 编辑 钟水清)

作者简介: 李福德, 高级工程师, 1962 年生; 1983 年毕业于西南石油学院钻井工程专业; 长期从事固井工艺和科研工作。现为四川石油管理局井下作业处总工程师。地址: (642150) 四川省隆昌县。电话: 13508053192 或 (0832) 3929422。

悬挂固井、漏失井固井、防气窜固井以及防 H_2S 腐蚀等固井技术难点谈几点体会。

尾管悬挂工艺解决深井固井难题

针对川东地区目的层埋藏深,下入套管长、套管负荷重、强度安全不能满足的难点,特别是抗硫套管,往往在深井固井套管串排列上更加困难。而采用悬挂、回接固井工艺,变一次下入深井套管为先悬挂、后回接套管,减轻了下部悬挂段套管的重量对井口段套管的拉力载荷,解决了该地区含硫气田深井超深井既要求井口套管具有抗硫性能,又具有较高抗丝扣滑脱的抗拉强度安全性的难题。同时悬挂固井时,尾管头以上的泥浆柱也有利于在水泥失重时达到和实现对高压气层的压力平衡。

漏失井固井

川东构造大部分是中上部地层疏松,裂缝发育、井漏频繁,如 $\varnothing 44.5$ mm 套管固井中,50%~80%的井都具有低压漏失层,且易垮塌,严重影响钻井速度,延长了钻井周期。这种井的固井根据井下漏层位置、承压能力、漏失量大小来确定固井方式。井漏失状况常见的有三类:一类在钻井过程中有渗漏的漏失层,在下套管中或固井中发生井漏,甚至较严重漏失;二类是已知漏失层,下套管或注水泥中发生井漏;三类是已知裸眼存在漏失层,且有两个以上,但漏失程度不同。针对各个不同的漏失程度和性质,采用的固井工艺技术为:“同步法”固井工艺。对第一类,在注水泥前对套管内注入一定量的桥堵泥浆,边堵边注水泥固井,实施动态堵漏固井。对井筒存在小漏或微漏的井,此法能达到使水泥返到设计的高度。正注反打水泥固井工艺。这种方法主要针对漏失层的位置和压力都比较明确的单一漏失层的固井。在这过程中要慎重抓好三个环节:a. 找准大漏层位置和地层破裂压力;b. 正注时要为反打水泥浆保留通道;c. 正注反打要分步进行。当单一漏层采用正注反打水泥时,应根据漏失层破裂压力来准确计算正注水泥浆量和反注水泥浆量。分级注水泥和正反注水泥相结合工艺。川东地区的井,井筒存在多个漏失层,且在裸眼的上下段都有大漏层,采用分级固井结合正反注水泥工艺以第一级固井封固下段主漏层,第二级采用正、反注工艺封固上部多个漏失层及较严重漏失层,达到水泥反灌至地面。如渡4井 $\varnothing 44.5$ mm 套管固井,采用正反注水泥技术。正注采用快缓凝水泥浆体系并用的一次性正

注。正注水泥封住 1 954.97 m 以下的漏失层,并且封固质量良好,从测井曲线看,优质率 67%。

低压力层段固井

以嘉陵江组为主的上部层段是低压层段,甚至是低于清水柱的超低压层。对于这类地区常采用低密度水泥浆平衡压力固井。此法多以漂珠或微硅为减轻剂,配制出同于井内泥浆密度的水泥浆。以漂珠为外掺料配制出密度 $1.2 \sim 1.65$ m/cm^3 的水泥浆;以微硅为外掺料混配出密度 $1.3 \sim 1.4$ g/cm^3 的水泥浆,满足了低渗构造的平衡压力固井。如云安11井 $\varnothing 44.5$ mm 套管分级固井。第一级水泥浆体系为盐水水泥浆体系,施工前注入了桥堵浆。第二级水泥浆体系为漂珠低密度水泥浆体系和 G 级水泥浆体系,并用实际的温度和压力条件对漂珠水泥做室内复核实验。两级均采用了领浆和隔离液。用固井软件进行设计和指导施工,采用三参数仪表实时监测固井施工过程,采用高混合能混浆系统进行混配注浆。第一级返出混浆和纯水泥浆共 $6 m^3$,第二级返出混浆和纯水泥浆共 $20 m^3$ 。

含硫气井防气窜固井

水泥浆在凝固过程中出现失重现象是自然而不可避免的,但并不是有失重现象就一定有气体的上窜。相对而言在高压气井中发生气窜的现象比一般气井要多得多,危险性也大得多。

川东地区高压气井固井中防气窜的主要方法是,根据气层的压力、气体的上窜速度和井内泥浆性能,评估其气窜程度,调节水泥浆性能和工艺措施。使用多凝水泥、膨胀水泥、防气窜水泥体系,憋回压,减轻水泥浆失重,增大水泥石孔隙压力;采取提高顶替效率注水泥工艺措施,确保水泥浆充满环形空间;应用高效能的注水泥混浆设备,确保注水泥施工连续、水泥浆密度均匀、排量符合设计,确保入井水泥浆形成高质量的水泥石;使气体无法在水泥浆失重阶段窜上来,提高固井质量。在具体设计操作上,为防止水泥失重时 $p_{\text{水泥浆}} < p_{\text{气层}}$,破坏压力平衡,出现井涌、井喷,导致固井失败。一般利用两个或多个凝结时间的水泥浆,待下部快凝水泥浆凝结失重时,上部缓凝水泥浆体还保持着原有的静液柱压力和传递压力的能力,根据其失重变化适时在环空憋一定压力,满足下式要求:

$$P_{\text{地破}} > P_{\text{缓凝}} + P_{\text{快凝}} + P_{\text{反憋}} - P_{\text{地层}}$$

反憋压力是高压气井固井常用的工艺技术,反

憋压时间宜在快凝段水泥初凝前 1 h 左右实施。对处于油气层段的水泥中加入 KQ—A 防气窜剂或 SDP—I 膨胀剂,补偿水泥胶凝失重时的孔隙压力降低值。KQ—A 防气窜剂及 SDP—I 膨胀剂的一般加入量为水泥重量比例的 0.8%~1.5%;SDP—I 加量 3%~4%。经验证明,水泥实验的直角稠化曲线同时还与防气窜效果有重要的关系。水泥浆中加入防气窜剂、多凝、憋回压后,辅之以直角稠化实验,较好地达到了防气窜的效果。对于川东地区具有硫化氢酸性腐蚀气体的气井固井,应根据含硫情况充分考虑避免或减轻 H_2S 对套管和水泥石的腐蚀问题,选用抗硫或高抗硫的套管和水泥。对于高压气井还应采用密封效果更好的金属密封套管和专业化的下套管作业人员及相应配套设备,按标准扭矩连接好套管,防止高压天然气从套管螺纹连接处的泄漏。目前在川东地区使用的套管,其密封除 VAM 扣之外,还大量使用了 FOX、NK—3SB、SEC、SM—IM 等多种扣型及特殊套管,既提高了抗硫腐蚀能力,又较好地解决了高压气密封问题,确保了气井关井压力高的要求。如天东 61 井 $\varnothing 77.8$ mm 尾管固井,水泥浆采用两凝抗高温衰退 KQ 防气窜 D 级体系,并采用抗钙泥浆作前置液,运用了领尾浆制,在快干水泥初凝前 1 h 憋压 2 MPa,再在快干水泥初凝前 0.5 h 再憋压 3 MPa。井口无气窜显示,固井声幅测井合格率 100%。

深井超深井固井技术研究取得进步

(1) 研制并使用了具有动态模拟和强大专家数据库功能的固井设计软件,提高设计技术水平。

(2) 研制并推广应用塑性水泥固井。在多口井固井应用获得成功。通过对塑性水泥石抗冲击韧性、弯曲韧性或抗析强度,弹性模量和泊松比测定及动态实弹射孔实验等与常规水泥的一系列对比试验,结果表明加有 3%~4% 增塑剂(QA)的塑性水泥性能明显优于常规油井水泥。如利用塑性水泥石试件与常规水泥石做对比实弹射孔,其孔眼边缘整齐、无裂缝,表现出了其更优良的水泥环抗冲击韧性,减轻或消除了射孔造成的裂缝,这对提高水泥环封固质量,防止地层流体窜漏,延长油井寿命十分有利。

(3) 膏盐层对套管影响及深井小尺寸套管小环

空固井。通过对“膏盐层对套管影响”专题建立了多种蠕变模型,并建立进行了计算机编程及模拟对比。经对蠕变模型均匀载荷的影响研究,获得定性认识,在外应力均布的作用下,弹性模量对载荷影响较大,水泥环的厚度对外载的影响不大;小尺寸套管固井建立了小间隙环空和管内流动模拟装置;进行了不同液体的流动规律实验;进行了多组水泥浆在不同温度、不同压力下的实验。为提高四川小井眼固井和盐膏层固井提供了技术保障和确保固井质量的途径。

(4) 综合应用尾管固井,分级固井、高低密度水泥浆固井,早强水泥浆固井及 MTC 固化井筒泥浆固井等技术。五科 1 井 $\varnothing 27$ mm 尾管固井。五科 1 井是中国石油天然气集团公司新区勘探事业部、北京石油勘探开发科学研究院和四川石油管理局在四川盆地五百梯构造上布置的一口科学探索井。目的层:寒武系。完井井深 6 063 m,井底温度 147 $^{\circ}C$ 。在具有气侵、漏失和严重盐水侵等复杂地质条件下,成功地完成了 $\varnothing 27$ mm 尾管的小间隙超深井固井,创 1999 年同行业井深与井温两项纪录。本井次固井作业存在井深、井眼小、环空窄、温度压力高、水泥浆环薄,封固段内同时有漏层和油气显示层井斜角度大、套管居中不良等难点。这些问题对提高固井质量极为不利。该井采用 $\varnothing 27$ mm 尾管固井,采用注入隔离液和抗钙泥浆技术,用固井软件进行设计和指导施工,采用三参数仪表实时监测固井施工过程并进行控制,运用高混合能混浆系统进行混配注浆,应用综合性能良好的以塑性水泥浆体系为主体的防气窜水泥浆体系固井,从而在施工后获得优于同类型井的固井质量。本次固井说明在川东深井超深井小间隙固井中所采用的深井超深井多种固井技术的运用是成功的,提高了固井质量。

针对川东复杂的地质条件特点,经几代固井人的不懈努力,研究出了多种适应于川东复杂地质条件的固井技术,并运用于现场固井实际工作中,固井电测优质率不断地呈上升趋势,延长了油气井的生产寿命,取得了较好的社会效益和经济效益。

(收稿日期 2002-08-28 编辑 钟水清)

ANALYSIS OF DRILLING WORKLOAD AND DRILLING SPEED

Chen Wu ,Zhang Mingquan ,Zhang Naixin and Zeng Gaofeng (Southwest Petroleum Institute). *NATUR. GAS IND.* v. 23 ,no. 1 ,pp. 45 ~ 47 ,1/ 25/ 2003. (ISSN1000-0976 ;**In Chinese**)

ABSTRACT:It is imperative to analyze drilling workload and drilling speed not only from technical angle but also from economic angle. By taking the economic relation between drilling workload and drilling speed as a basis ,an exponential analysis method is adopted from practical angle and the factors influencing drilling workload and drilling speed are overall analyzed in the paper ,which is of important significance for raising drilling speed and decreasing drilling time.

SUBJECT HEADINGS:Drilling , Workload ,Drilling speed , Analysis

Chen Wu (*Associate professor*) , born in 1963 ,graduated in petroleum geology at the Southwest Petroleum Institute. He is always engaged in the teaching and research on the economic activity analysis of enterprises. He published more than 20 articles and 6 books and finished 6 ministerial and provincial research projects and the other 15 projects. Add :Nanchong ,Sichuan (637001) ,China Tel : (0817) 2642764

WELL CEMENTING TECHNIQUES IN EAST SICHUAN

Li Fude and Zeng Yi (Downhole Operation Department of SPA). *NATUR. GAS IND.* v. 23 ,no. 1 ,pp. 47 ~ 49 ,1/ 25/ 2003. (ISSN1000-0976 ;**In Chinese**)

ABSTRACT:On the basis of analyzing the geological and geomorphic features relevant to well cementing and borehole geological conditions in East Sichuan and of introducing several commonly used cementing techniques in the region ,some emphatically considered problems as gas channeling prevention ,leak resistance and H₂S corrosion protection and several important difficulties of raising cementing quality as well as the fundamental methods of solving and overcoming these problems and difficulties are proposed in the paper. Through cementing practice it is proved that these methods are feasible and reliable ,thus having important guiding significance for further raising cementing quality in this region.

SUBJECT HEADINGS:Sichuan , East ,Deep well ,Ultradeep well ,Well cementing ,Technique

Li Fude (*Senior engineer*) , born in 1962 ,graduated in drilling engineering at the Southwest Petroleum Institute in 1983. He has been engaged in well cementing technology and scientific research for a long time. Add :Longchang ,Sichuan (642150) ,China Tel : (0832) 3929422

RESEARCH ON LINER BUMP-PRESSURE CEMENTING TECHNIQUE OF SLOT SIDETRACKING SLIM HOLE SHAN 7-10C

Gu Jun and Xiang Yang (State Key Laboratory of Oil/ Gas Reservoir Geology and Development ,Chengdu University of Technology) and Qiang Feng and Wang Xueliang (Research Institute of Drilling and Production Technology ,Tuha Oil Field). *NATUR. GAS IND.* v. 23 ,no. 1 ,pp. 50 ~ 52 ,1/ 25/ 2003. (ISSN1000-0976 ;**In Chinese**)

ABSTRACT:Well Shan 7-10C is the first slot sidetracking directional hole and its successful drilling lays a foundation for slot sidetracking horizontal well. The liner bump-pressure cementing technique of slot sidetracking slim hole is introduced in the paper. Through practice it is indicated that the bump-pressure is successful and the cementing quality is up to standard ,which not only accumulates experience for cementing slim hole but also expands oil field cementing techniques.

SUBJECT HEADINGS:Slot sidetracking ,Directional well , Slim hole ,Liner ,Bump-pressure ,Well cementing

Gu Jun (*senior engineer*) , born in 1966 ,graduated in drilling engineering from the Southwest Petroleum Institute in 1986. Now he is a postgraduate studying for his doctorate. He was once the associate engineer in chief in the Research Institute of Drilling and Production Technology ,Tuha Oil Field ,won fourteen achievement prizes and published two books and fifty-three articles. Add :Chengdu , Sichuan (610059) ,China Tel : (028) 84079003

STABILITY OF NON-NEWTONIAN FLUID AND ITS FLOW PATTERN DISCRIMINATION

Liu Naizhen and Wang Tingrui (Liaohu Petroleum