

Application and Recognition of Geological Guidance Technology in Horizontal Shale Gas Wells

Yi Chen

Logging Company of Zhongyuan Petroleum Engineering Co., Ltd., Puyang, Henan, 457000, China

Abstract

At the end of last century, the geological guided drilling technology developed slowly under the continuous complex geological conditions and low oil and gas single well production in the process of oil and gas exploration and development in the world. In recent years, the technology is also accompanied by the development of shale gas, especially in order to achieve the geological task of drilling the optimal trajectory of shale gas horizontal wells and crossing the high-efficiency shale gas reservoir, combined with the actual needs of shale gas development process, gradually formed a perfect horizontal well geological guidance technology. Zhongyuan logging successfully applied this technology to shale gas blocks such as Yibin, Weiyuan and Fuling in Sichuan Province. In the process of construction, it kept improving, summarized and kept forging ahead. In practice, it explored a set of methods and technologies for controlling the drilling trajectory of long horizontal section and the dip angle of the earth layer. It successfully completed the geological guidance task of more than 100 shale gas horizontal wells, and the drilling penetration rate of the main target layer is more than 95% of them which laid a solid geological foundation for the later construction of shale gas wells.

Keywords

geological guidance; shale gas; penetration rate

地质导向技术在页岩气水平井中的运用及认识

陈益

中原石油工程有限公司录井公司, 中国·河南 濮阳 457000

摘要

地质导向钻井技术是上世纪末在世界范围内油气勘探开发过程中面临地质条件不断复杂、油气单井产量较低, 而随钻测量技术快速进步的条件下慢慢发展起来的。近年来该项技术也伴随着页岩气的开发, 尤其在为了实现页岩气水平井最优化轨迹钻探及穿越高效页岩气层的地质任务, 结合页岩气开发过程中的实际需求, 逐步形成了完善的水平井地质导向技术。中原录井将该技术成功推广应用于中国四川宜宾、威远、涪陵等页岩气区块, 施工过程中精益求精, 时刻总结、不断进取, 在实践中摸索出了一套长水平段、大地层倾角钻进轨迹控制方法和技术; 圆满完成了 100 余口页岩气水平井的地质导向任务, 主要目的层钻遇率达 95% 以上, 为页岩气井的后期施工打下了坚实的地质基础。

关键词

地质导向; 页岩气; 钻遇率

1 引言

地质导向钻井技术是当今国际钻井界的一项高新技术, 体现了钻井、测井和油藏工程的结合, 对提高勘探开发和钻井总体效益具有重要意义和作用。地质导向就是利用井下随钻测井工具实时采集的地质参数, 超前预测和识别地层, 并根据需要及时调整井眼轨迹, 引导钻头在优质储层钻进。中原录井运用该项技术先后顺利完成了宜宾、威远、涪陵等区块共计 40 个平台 100 余口井的地质导向工作。下面结合近年页岩气勘探开发过程中现场地质导向工作经历, 浅谈地质导

向技术在水平井施工过程中着陆段地层对比、地层倾角计算、水平井井眼轨迹控制、控制难点等方面的运用及认识^[1]。

2 地质导向工作流程

在进入一个工区作业时, 首先要收集工区资料、掌握设计要点、熟悉工区地质特征、编制导向施工预案、进行现场技术交底; 导向施工过程中充分利用综合录井资料、随钻测井资料、特殊录井资料等实时分析、及时预测地层变化, 做好相应的轨迹调整优化方案。地质导向就是在水平井的钻进过程中不断地优化最初的设计, 实时调整钻进的方向, 将井

眼轨迹调整到油气藏最佳的位置。

3 水平井轨迹的设计

井轨道设计的目的是在保障轨迹平滑规则的前提下,尽可能的降低井眼轨迹控制的难度,减少无效钻进进尺。

我们在生产实践中,通过不断的摸索和总结,找到了一种非常适合实际的软件进行水平井轨迹设计优化,就是LANDMARK公司开发的COMPASS2003软件。我们已采用该方法完成了多口定向井的设计,取得了很好的效果。目前,我单位地质导向人员主要采用该软件来进行各种(侧钻)定向井和水平井的设计。

在分段数据中,我们可根据需要,添加一段或多段增斜、降斜、稳斜、调方位、稳方位井段,也可以删除某一段或多段数据后重新设计该轨道,其设计结果将立即显示在分段数据表中,并且会马上将轨道设计图更新,其设计过程非常直观。

4 着陆段地层对比

精细地层对比是准确预测A靶点垂深,保证精确入靶的基础。在入靶前钻进过程中,把随钻测量测斜数据对测井、综合录井、特殊录井数据进行计数,计数后与邻井、标准井进行实时对比,并结合综合录井中的钻时、气测、岩屑等资料,对层位进行地层对比及划分,并通过一系列计算来准确预测目的层位,进而对钻井轨迹进行优化,以保证在满足设计允许的狗腿度及钻完井施工要求的前提下,平稳着陆、准确入靶。随钻对比的关键是利用标志点深度和其间地层厚度变化来计算轨迹方向上的地层倾角、卡准着陆点、确定好A靶点垂深。

5 水平井井眼轨迹的控制

5.1 打好直井段

打好直井段,对一口水平井的成功钻探起至关重要的作用^[1]。因为当钻至造斜点时,如果直井段不直,不仅会造成井下后期施工难度的增大,还会浪费更多的钻进进尺。造斜点处的位移是向设计方向两侧偏离的,这时最大的风险就将一口两维水平井变成了一口三维水平井,从而把轨迹变复杂,同时带来的负面影响就是下一步井身轨迹控制的困难,增加的施工成本。

此外,页岩气生产井均为平台井,且同一平台井一般有

4-12井口,如果直井段发生井斜,最严重最危险的后果就是造成平台上两口定向井的直井段井眼相碰的施工事故,造成新老井眼同时报废的钻井事故。所以水平井直井段能否打直相对于普通定向井来讲更加重要。

5.2 把好定向造斜关

定向造斜段,是增斜井段的一部分,是从垂直井段开始造斜的。要根据目的层的垂深、厚度,A靶点的水平位移,综合考虑井眼轨迹圆滑度、增斜、扭方位难度等因素,确定出最佳的造斜点深度。

现代的定向造斜,除套管开窗侧钻还使用变向器外,几乎全是使用动力钻具造斜工具。造斜井段的长度,一般是以井斜角达到可以使用转盘钻的扶正器钻具组合继续增斜为准。这个井斜角大约为8.00度至10.00度。

5.3 确保中靶

这一阶段的任务是在实钻过程中,不断分析、实时计算、精细对比,全面细致了解实钻地层和轨迹的变化情况,及时进行轨迹的调整,当实钻地层与设计基本吻合时,使实钻轨迹离设计轨迹不要太远。当实钻地层埋深与设计变化较大时,要及早进行轨迹的调整优化,甚至变更,保证入靶的垂深、井斜和方位角。

5.4 保证水平段轨迹在目标箱体内存行

在水平段内的主要任务就是充分利用好综合录井资料及随钻测量数据,通过实时对比钻时、气测、岩性及随钻伽马,确定钻头处小层,计算目前所钻井段的地层倾角,实时进行井眼轨迹的调整、优化,确保精确命中最佳地质目标,保证优质页岩储层钻遇率。

6 地质导向实钻运用

H19-X井是一口页岩气水平井,中原录井公司提供录井及地质导向服务;本井旋转导向工具开始造斜钻进,现场导向人员认真对比地层,精确预测了A靶点的提前,在实钻A靶点垂深较设计提前近75.00m的情况下,安全平稳入靶,最终于井深4630m完钻,在设计5m厚的靶体钻遇率100%,如图1所示。

由于地质导向人员与钻井队完美配合,本井一举创造了四项该区块页岩气水平井施工记录;在造斜段+水平段共计

2318m的井段成功实现“一趟钻”，钻井周期仅16天，刷新了该区块页岩气井“一趟钻”钻井周期和井深纪录。其中，水平段长1550米，平均机械钻速9.74m/h，钻井周期9.1天，刷新了该区块页岩气井水平段钻井周期纪录。全井钻井周期46.93天，刷新了该区块页岩气井较高海拔地区（800m以上）53.83天的钻井周期纪录。

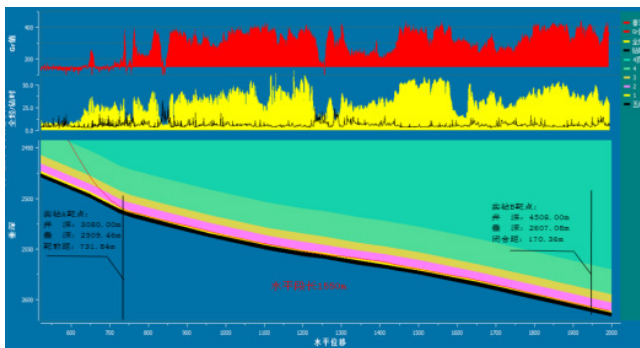


图1 H19-X井完钻导向建模图

7 水平井轨迹控制难点

7.1 区块构造复杂，地层突变性强

中原录井水平井地质导向施工区块构造复杂，地层倾角突变性强，给及时、准确预判地层变化增加了很大的难度。施工区块多数页岩气水平井都未先打导眼井（亦或斜导眼井），实钻A靶点垂深与设计数据误差较大（多数井实钻A靶点垂深较设计提前或推迟10.00m至40.00m不等，少数井实钻A靶点垂深较设计提前或推迟近100.00m）。实钻水平段地层倾角与设计相差较大，这就需要现场导向人员需加强区域地质构造的认知，并提前制定出多种可能性风险下的解决方案^[3]。

7.2 螺杆定向存在盲区，轨迹控制难

宜宾、自贡区块页岩气水平井普遍使用弯螺杆定向，这就使得定向时造斜率不确定，复合钻进时轨迹不稳定。此外，测量仪器种类繁多，数据测量都有一定的盲区，井底数据无

法及时采集，地质导向工作难度也随之增加了许多。为了降低因仪器测量盲区导致的轨迹调整滞后现象，首先，水平段钻进过程中尽量选用近钻头测量仪器，其次，导向人员需密切关注钻具结构和相关仪器的工作性能，并尽可能早的作出预判和调整，以降低该风险。

7.3 螺杆定向摩阻扭矩大，定向困难

钻井过程中，随着水平井水平段长的不断延伸，井轨迹调整，井眼摩阻也随之增加，使得定向时钻具在井眼中的转动困难，从而加大了工具面角摆放的难度。这就要求现场导向人员通过优化轨迹、提高泥浆润滑性、调整钻具组合来满足定向控制轨迹任务。

8 结语

地质导向工作在指导水平井钻探过程中发挥了极其关键的作用。要想做好此项工作，首先，现场导向人员必须拥有扎实的地质基础和现场经验，具有丰富的地质、油藏、测井、地震及定向井施工知识；其次，还应具备时刻总结、不断进取的工作态度，以及每一次调整轨迹都力求精益求精的高标准要求。在水平井地质导向过程中，除了结合随钻测井、录井、元素等资料外，还要注重于物探资料的分析，实现宏观与微观、构造与沉积相、岩性与电性、物性与含油气性的综合分析，从而做到精细对比、合理解释、准确预测、科学决策，完美完成地质导向工作。

参考文献

- [1] 江国法. 地质导向[J]. 测井技术信息, 2000(1):14-23.
- [2] 唐饮锡. 苏53区块复杂地质条件下水平井入靶技术研究与应[J]. 石油地质与工程, 2013(2):79-82.
- [3] 张迪. 水平井地质导向技术在四川威远204井区页岩气开发中的应用[J]. 石油地质与工程, 2015(2).