

海上油田水平井控水完井工艺技术研究

王方超（中海油能源发展股份有限公司工程技术分公司，天津 300452）

摘要：目前海上油田边底水油藏主要采用水平井开发，其可以大幅增加泄油面积，提升油田采收率。但是在水平井开发过程中存在较为普遍的见水快问题，需要采取有效的控水完井措施。本文首先分析了水平开发井出水原因，然后重点对海上油田水平井控水完井工艺技术进行了论述。

关键词：海上油田；水平井；控水技术；完井工艺

水平井开发可以显著提升油田采收效率，进而改善油田经济效益，因此近些年水平井技术在海上油田开发中广泛应用，取得了显著的应用成效，特别是对于边底水油藏以及低渗透油藏的开发效果显著。但是在水平井开发中一旦水平开发井见水，那么含水率便会在短时间内快速上升，不但影响油田采油效果，还会在很大程度上增加污水处理成本。因此在海上油田水平井开发中加强水平井控水完井工艺技术研究，对于提升油田开发效果和经济效益具有积极意义。

1 海上油田水平井出水分析

水平井开发可以提升边底水油田开发效果在业界内已经达成了共识，但是在水平井开发中容易出现水体锥进的问题。水平开发井一旦见水，水体将会沿着优势渗流通道快速锥进，油田含水率快速上升，进而影响油田整体开发效果。以渤海油田 H1 水平开发井为例进行分析，该水平开发井投产初期含水率为 5%，投产 20d 后含水率快速上升为 80%，相应的日产油量从投产时的 450 方降低到 80 方。水平开发井含水率升高之后，不仅会影响油田采收率，同时还会影响油田开发中的一些环节。比如水平开发井局部见水之后，将可能导致防砂管柱功能失效以及电泵停机等，同时对于平台的污水处理能力也提出了更高的要求。

2 水平开发井出水原因分析

整体来说，水平开发井出水原因主要包括四个方面。一是水平井跟趾效应对于水体锥进具有促进作用。在水平井开发过程中，地层流体沿着水平轴向进行流动，受到井筒压降影响将会导致水平井跟端生产压差较大，在这种情况下跟端水脊速度会明显大于趾端水脊速度，进而容易导致水平井跟部出水^[1]。二是油藏非均质性，水平开发井见水早晚与油藏渗透了具有密切关系，相关研究表明油藏渗透率越大，地层流体运动阻力越小，水体越容易推进到井底。低下油藏具有明显的非均质性，因此整体来说渗透率越大的油藏其水平开发井越容易出水。三是水平段井眼轨迹，水平开发井水平段长度通常为 300~500m，较长的可以达到 1000m 以上，在水平段钻井过程中如果轨迹控制不好，将可能导致部分水平段进入底水区，这样在油田开发过程中水体非常容易从该位置进入开发井，造成油井高含水。四是其他原因，具体包括酸化压裂过程中造成的油层裂缝、采油过程中生产压差过大等。

3 水平井控水技术分析

为了有效解决水平开发井的出水问题，提升水平井开发效果，国内外学者关于水平井出水问题开展了一系列研究工作，形成了多种水平井控水和堵水技术。较为常见的

水平井控水技术包括如下几种。一是水平井净生产压差控制技术，其主要通过调控水平井开发过程中的净生产压差，来保障油水在地层平面中均匀推进，有效避免水平井跟部出水问题。二是人工隔板技术，主要是指通过设置人工隔板对底水锥进进行抑制，从而延缓底水锥进速度和水平井见水时间。三是采水控锥技术，水平井开发过程中底水向上锥进的主要原因在于采油过程中产生的压降，开采底水可以减小该压降，抑制水体锥面上升，促使水体锥面保持动态平衡，从而避免在水平井开发过程中产生水窜。此外，在水平井开发中注氮气泡沫等化学试剂也是经常采用的控水措施。

海上油田水平井开发与陆地油田存在明显的不同，其在水平井控水方面的难点主要体现在如下两个方面。一是海上油田钻井数量较少，对于油藏精细认识程度较低，在水平井段较长的情况下难以准确判断出水位置以及出水原因，在这种情况下堵水施工风险较大，而且效果往往不理想。二是海上油田水平开发井一般采用裸眼筛管完井方式，因此筛管外没有分隔，如果出水将难以有效处理。

4 海上油田水平井控水完井工艺技术

4.1 中心管水平井控水技术

Brekke 和 Lien 于上世纪九十年代最早提出了中心管控水技术，其主要原理为在常规的水平段井筒内置入小直径油管，通过对水平井跟部流体的流通路径进行控制来合理加大井筒内的环空流动阻力，从而有效避免发生跟趾效应，延缓水体锥进速度^[2]。中心管控水技术施工操作简单方便，可以有效避免水平开发井跟部出水，但是该技术不能进行均衡控水，因此主要适用于均质油藏，对于非均质油藏应用效果不理想。该技术在应用过程中需要准确了解地下的地质油藏情况和生产动态情况来指导设计，同时小直径油管置入后不能对生产参数进行调整，因此其虽然能够改善产液剖面，但是整体效果一般。目前该技术已经在歧口 17-2 油田等我国多个海上油田水平井开发中得到了应用，在控制底水锥进方面具有一定的效果。

4.2 ICD 水平井控水技术

该技术的主要原理为在水平井段内多种形式的 ICD 工具来控制流体流动阻力，从而实现水平井段内生产压力的均衡。在实际水平井控水实践中，ICD 控水工具往往与遇油遇水膨胀封隔器联合应用，从而可以更好调控流体进入水平井筒的流入剖面，特别是对高渗透层产液量进行控制，实现水平井段内径向流量的均匀分布的产液均衡，控制水体锥进，避免发生早期水窜，提升水平开发井的采油效果。较为常见的 ICD 结构主要包括流道式、喷嘴式和长

管式三种, 流道式主要是基于流道表面在流体流动过程中产生摩阻压降来对流体流量进行有效控制, 喷嘴式和长管式主要是利用孔眼或者喷管的节流作用来合理调节压降^[3]。ICD 水平井控水技术具有较强的控水能力, 但是也存在一定的缺陷, 主要包括两个方面。一是工具在下入井中之后不能再进行调整, 因此在工具安装施工之前必须要充分了解地质油藏情况, 准确掌握渗透率以及含油饱和度等信息, 保障 ICD 水平井控水技术应用的科学性和有效性; 二是水平开发井一旦见水, 那么该技术便难以再继续发挥作用。我国西江 23-1 油田应用该技术有效延缓了水平井见水时间, 提升了油田采收率。

4.3 AICD 水平井控水技术

AICD 水平井控水技术是在 ICD 技术基础上应用人工智能技术而发展起来的一种智能完井控水技术。目前该技术已经在油田完井控水中得到了初步应用, 并且取得了较好的效果, 呈现出良好的应用前景。AICD 水平井控水技术具有智能防控等优点, 其主要是通过碟片式流量控制阀来实现对水平井段产液的控制。碟片式流量控制阀在有筛管的情况下通常安装在筛管连接位置, 在无筛管的情况下其可以安装在油管连接位置。碟片式流经控制阀工作原理是以伯努利方程为基础, 低黏度流体具有良好的流动性, 其在流经控制阀时流速较快, 会导致浮盘外侧压力发生显著

下降, 浮盘内侧和外侧产生明显的压差, 促使盘体在压力作用下向外运动。同时低黏度流体在经过控制阀时其摩擦损失较小, 会导致驻点压力明显大于入口压力, 促使盘体发生向上运动, 在一定程度上堵塞通道, 延缓流体通过。AICD 水平井控水技术通过碟片式流经控制阀来控制油水均匀推进, 起到稳油控水的效果。

5 结束语

综上所述, 在海上油田开发中随着水平开发井数量的不断增多, 水平井控水问题已经在业界内引起了广泛关注。很多专家学者为了提升水平井开发效果, 研发了一系列水平井控水完井工艺, 比如中心管水平井控水技术、ICD 水平井控水技术已经 AICD 水平井控水技术等。需要注意的是, 不同技术具有不同的优缺点和适用范围, 因此在实际应用过程中应该基于油田特点选择合适的技术, 起到更好的稳油控水效果。

参考文献:

- [1] 龚宁, 马英文, 李进, 等. 渤海油田水平裸眼井控水工艺技术研究 [J]. 中国海上油气, 2020, 32(03): 136-142.
- [2] 龚宁, 李进, 陈娜, 等. 渤海油田水平井出水特征及控水效果评价方法 [J]. 特种油气藏, 2019, 26(05): 147-152.
- [3] 张启龙, 龚宁, 徐刚, 等. 渤海油田 ICD 分仓控水方案设计和控水效果评价方法 [J]. 油气井测试, 2019, 28(02): 61-67.

(上接第 76 页) 压之后通过喷嘴来形成一些小水雾, 再把形成的水雾和瓦斯气体合并通过专用管路安全的输送到发电站, 在进行一系列的脱水工作之后进入发电机组。在瓦斯气体运输系统的多个位置合理的安装专门用来灭火的阻火器, 严格的控制所有的安全设施, 防止火焰进一步的开始蔓延。通常情况下, 在瓦斯气体燃烧之前会出现一个温度逐渐上升的阶段, 水雾可以很好的控制瓦斯气体的特有温度, 使其明显的低于瓦斯气体的燃烧点。在燃烧发生的时候, 形成的水雾会快速的进行汽化, 降低瓦斯气体的浓度, 让瓦斯气体的浓度小于爆炸范围, 另外, 水气还会包裹燃烧源, 防止燃烧源继续进行大规模的蔓延。

3 龙泉瓦斯利用需要解决好的几个问题

3.1 瓦斯抽放管理

浓度较低的瓦斯气体在进行抽放的过程中, 应该科学的处理抽放过程中容易发生的防爆情况, 这样可以更有助于瓦斯气体的综合利用。在抽放采空区的瓦斯气体时, 需要加强管理和控制, 不过在着火等多个方面容易出现问题的, 目前还没有很好的解决方法。随着煤矿开采技术的提升和开采条件的升高, 对于瓦斯抽放工作来说是比较关键的, 很多的煤矿企业在解决这部分瓦斯时, 可以很好的进行利用, 并且利用条件非常好, 几乎都能够直接进行燃烧和综合利用。

3.2 乏风瓦斯管理

现在, 乏风瓦斯的浓度非常低, 不能合理的利用瓦斯。要科学的处理好瓦斯利用和煤矿生产安全之间的紧密联系,

协调好关系, 确保煤矿企业的顺利生产工作, 还要对瓦斯发电进行合理的利用, 从多个方面不断的做出改变。

4 结语

现在, 煤层瓦斯的综合利用工作已经作为一项重要的科技发展项目, 得到了我们国家的不断支持。瓦斯气体的综合利用, 可以提高瓦斯气体的高效利用率, 在一定程度上可以促进瓦斯气体在利用方面的全面发展和高效进步。瓦斯气体可以作为一种有利用价值的能源, 给我们的生产和生活带来方便, 更加的方便和快捷, 不仅可以降低煤矿企业的成本投入, 还可以给煤矿企业创造更多的经济利润, 把瓦斯气体变成可以利用的能源气体, 减少环境的污染, 保护我们生存的环境, 还给社会带来明显的效益, 实现双赢, 符合国家目前所提倡的节能减排和可持续发展。

参考文献:

- [1] 李磊. 低浓度瓦斯发电技术研究现状及展望 [J]. 矿业安全与环保, 2014, 41(2): 86-89.
- [2] 李大虎. 低浓度瓦斯发电技术的研究与应用 [J]. 吉林地质, 2014(3): 129-130.
- [3] 谢晓东, 张振东, 高胜阳. 谈低浓度瓦斯发电站工艺设计 [J]. 煤炭工程, 2008(9): 14-16.
- [4] 杜新宇, 王效民, 李彬. 浅析煤矿瓦斯发电技术和进气系统工艺流程改造 [J]. 煤炭科技, 2015(08): 72-74.

作者简介:

刘学斌 (1989-), 男, 籍贯: 山西孟县, 毕业院校: 太原理工大学, 学历: 本科, 现有职称: 通风助理工程师。