

四川威远区块钻遇断缝体漏溢同层复杂应对及其经济效益

吴雪灵（中石化西南石油工程有限公司湖南钻井分公司，湖南 长沙 410000）

摘要：在威页 26-9HF 钻遇断缝体发生漏溢同存的井下复杂情况，结合对地质地层资料，邻井钻井地质资料，随钻堵漏和多次调整泥浆配方浓度的实验性堵漏方式后，得出：①断溶体发生复杂情况的特点为溢漏同层同时可能伴随地层出水以及上部地层失稳等特点；②钻遇断缝体最佳应对方式为最多两次堵漏浆堵漏后如未堵漏成功，应立即使用固井堵漏来节省堵漏时间提高堵漏效率，可有效避免多次不同配方浓度泥浆经过底部钻具时造成钻头螺杆堵水眼，同时节约了资源成本，为企业实现了较好的经济效益。

关键词：断缝体；断溶体；裂缝；溢漏同层；堵漏；经济效益

1 威页 26-9HF 钻遇断缝体发生漏溢同存的原因分析

威页 26 平台坐落在威荣区块的四川盆地内，具体位于铁山—威远构造带的白马镇向斜区域。在这个向斜构造的底部，地势略有起伏，呈现出西部深度较大而东部略微抬升的特点。这里的地质构造相对稳定，断层并不发育，地层的绕曲变形强度相对较弱，显示出较为平缓的地质特征，有着丰富的沉积岩层，为油气资源的勘探和开发提供了有利条件。

1.1 地层可钻性强，断溶体发育

本平台和邻平台实钻漏失层位地层以灰岩泥灰岩为主，可钻性强；情况均位于断裂相关破碎条带内，井区断裂面破碎、岩溶发育形成断溶体，其横向范围宽，异常体规模大构造位置低，储层发育。断溶体常常是大型溶蚀孔洞较为发育的部位，受构造运动控制，由断裂作用和岩溶作用共同形成：①水平构造运动使碳酸盐岩脆性地层产生错综复杂的断裂系统，受到多期次的水平构造作用后，原有大型断裂发育成为一定规模的断裂破碎带；②溶蚀作用进一步改造早期的构造破碎带，垂直构造运动使碳酸盐岩地层抬升，暴露地表，遭受剥蚀。流体更容易通过断裂破碎带下渗，对碳酸盐岩进行溶蚀改造。

1.2 钻过两条破碎带的十字交叉处

根据断溶体形成的特性以及对本威荣区块的详细地质解释，威页 26-9HF 井位于一个断裂与溶沟交汇的断溶体破碎条带内。这个破碎带具有极强的非均质性，使井筒极易发生失返性漏失。一旦发生漏失，井筒内的压力会显著降低，进而导致井下压力失衡，使地层中的水和气体涌出。而地层内的水气进入泥浆，进一步恶化泥浆的性能，导致地层稳定性下降，极易引发地层垮塌。此外，如果上层存在含水云母、膨润土、

石膏等成分的泥岩、泥质页岩等地层遇水后会发生膨胀，进一步加剧井下的复杂情况。

2 断缝体漏溢同存处理难点

在威荣区块钻遇断缝体时，常规堵漏的方式已无法应对钻遇断溶体伴随两条断裂带而引起漏溢同层的发生。由于需要同时满足溢流压井、堵漏和防止井壁垮塌的要求，极难寻找到一个泥浆密度的平衡点，同时气侵与水侵会使得泥浆密度变低、泥浆性能变差。泥浆水侵后①钻井液稳定性变差，地层水含盐量高，容易使钻井液中离子浓度增高，从而导致钻井液中钙、镁等离子沉淀，导致稳定性下降；②钻井液粘度变高，地层水中含有亚微米级颗粒，容易产生颗粒物质与钻井液粘度的诱导作用，从而影响钻井液的粘度和流变特性；③降低钻井液中的抗污染性，地层水中含有较高的溶解氧，会加剧钻井液的氧化分解，使钻井液的乳化、降解、过滤等性能受影响，最终使得泥浆极难达到堵漏压井的要求。

2.1 井漏后使井内液柱压力降低，导致上部地层失稳

本井茅口组处于断缝体，且上部地层嘉陵江组水气同层，井漏初期液面高度 240m，后出现短暂的气体置换即泥浆进入断溶体置换其中气体，产生气侵后液面上涨至 275m，后期断溶体中气体置换完后，液面从 270m 下降至 56m，使井内静液柱压力短暂微升后急速降低，井内当量压力无法与地层压力平衡，地层与井内静液柱压力差导致上部地层失稳、掉块，井筒内岩屑掉落井底堆积封堵井眼，上部漏点使钻井液无法将井底掉落的岩屑携带至井口，同时堵漏浆无法及时进入漏层。

液面的这种剧烈波动导致井内静液柱压力的短暂微升，随后又急速降低。使得井内当量压力无法与地层压力保持平衡。地层与井内静液柱之间的压力差进

一步导致上部地层的失稳和掉块现象。这些掉落的岩屑在井筒内堆积，最终封堵井眼。上部的漏点使得钻井液无法将井底掉落的岩屑有效地携带至井口。同时，堵漏浆也无法及时进入漏层，进一步加剧井内的复杂情况，必须重新评估当前的作业方案，并采取相应措施。

表 1 泥浆漏失量统计表

密度 (g/cm³)	泥浆类型	漏失量 (m³)	备注
1.72	井浆	37.03	
1.70	堵漏浆	29.44	浓度 20%
1.70	井浆	163.03	
1.68	堵漏浆	34	浓度 20%
1.65	井浆	39.6	
1.65	堵漏浆	26	浓度 22%
1.62	井浆	66.92	
1.65	堵漏浆	28.57	浓度 23%
1.40	堵漏浆	3.77	浓度 23.5%
1.47-1.62	井浆	17	置换压井
2.04-2.07	重浆	25.25	
2.10	重浆	72.42	强起钻
1.56	井浆	125.41	
1.48	堵漏浆	26.07	浓度 27.5%
1.55	井浆	32.01	
1.51	堵漏浆	30.36	浓度 22%
1.55	井浆	118.14	
1.55	堵漏浆	30.1	浓度 30%
1.55	井浆	92.62	
1.55	堵漏浆	12.22	浓度 10%
合计		1009.96	

2.2 堵漏过程中钻井液进入裂缝置换裂缝气

本次钻探工程的目标是针对龙马溪组地层进行储层设计，其设计的储层垂深达到 3842m。但在实际钻探过程中，通过气测显示技术发现，从垂深 1760m 以

下开始，气层的显示变得非常显著。这一现象表明，该地层的裂缝发育十分明显，这些裂缝为自然油气的运移提供了通道。由于裂缝的存在，储层中的天然气得以沿着裂缝向上迁移，并在上层的灰岩地层中形成若干个“小气藏”。尽管这些“小气藏”总体产量并不具备大规模勘探和开发的经济价值，但在实际钻井过程中，如果遇到井漏的情况，钻井液将会非常容易地通过这些裂缝进入“小气藏”，从而置换出其中的气体。这种情况会导致钻井过程中出现漏溢并存的复杂局面，给钻井工程带来了额外的技术挑战。

2.3 堵漏过程中浓度过高造成堵水眼

由于存在溢漏同层的情况，为了应对溢流、井漏以及地层稳定性的问题，针对各种不同的井下情况，我们会采用不同种类的材料以及不同浓度的配方来进行堵漏作业。然而，在实际操作过程中，不同浓度的堵漏浆液经过螺杆和钻头，到达一定的时间长度（通常是几个循环之后），会导致钻头和螺杆的水眼发生堵塞。在最近的威页 26-9 井的堵漏作业中，发现在该井的溢漏同层情况下，如果使用不同配方浓度的泥浆进行两次以上的堵漏作业，很容易导致螺杆钻头的水眼发生堵塞。

3 现场应对措施

在钻遇断层或裂缝体的现场作业中，具体的现象包括钻井液的异常流失、钻井压力的不稳定以及钻井速度的突然变化等。为了确保钻井作业的安全和顺利进行，必须准确计算出漏失压力。漏失压力是指在钻井过程中，地层能够承受的最大压力，超过这个压力值会导致钻井液大量流失，甚至引发井漏等严重问题。通过计算漏失压力，可以合理调整钻井参数，选择合适的钻井液密度，有效避免钻井过程中的复杂情况，确保作业的安全性和经济性。

3.1 施工情况

3.1.1 阶段一：提高浓度

在钻进至井深 2995.56m 发生失返性井漏，计算井筒当量泥浆密度 1.54g/cm³，泵入密度 1.70g/cm³ 的堵漏浆后堵漏成功无断流，结合前期威页 26 平台几口井井漏后的堵漏情况，认为此次堵漏与平台其他井一样堵漏有效果，随即井队开始下探划眼筛堵漏浆，而划眼至井深 2994.32m 再次发生失返性井漏，随后进行三次堵漏，但泵入堵漏浆的过程中地层出气出水，均不具备起钻条件。堵漏过程中地层出水出气影响钻井液堵漏性能，堵漏浆浓度逐渐从 20% 提升至 23.5%。

表 2 第三次堵漏套压变化

时间	套压 (MPa)	备注
20:52-22:00	0 ↑ 1	关井观察
22:00-23:30	1 ↑ 3	配堵漏浆
23:30-4:00	3 ↓ 0.5	环空灌注泥浆

3.1.2 阶段二：浓度高导致钻具堵水眼的处置

第五次堵漏期间钻具内正注堵漏浆 $3m^3$ 立压突然快速上涨至 $29MPa$ ，泄压后继续尝试正注，立压仍上涨至 $29.35MPa$ ，排查地面管线畅通，判断钻具水眼堵塞。（堵水眼原因）后控压起钻，当套压突然上涨时，立刻停止起钻，关井泄压排气点火，开始采用环空注重浆的方式进行置换法压井，泄压排气以不出液为原则，置换井内环空气柱，环空泄压的同时，钻具水眼内泄压，期间控压起钻至井口，由堵水眼引起的井下复杂解除。

3.1.3 阶段三：固井侧钻

油气井作业时，常常会遇到地层漏失的问题，即桥浆无法有效封堵住地层中的漏失通道。在这种情况下，传统的堵漏方法可能无法达到预期的效果。为了应对这一挑战，作业人员会采取更为有效的措施。具体来说，当发现桥浆堵漏无法有效堵住地层时，作业人员会首先起出井内的管柱，然后下入专门用于打塞的管柱。这一步骤是为了确保后续操作的顺利。接着，作业人员会在井内注入水泥，通过特定的工艺和技术，形成水泥塞。水泥塞的作用是彻底封堵住地层中的漏失通道，从而恢复井内的压力平衡，确保油气井的正常生产。通过这种方法，可以有效解决地层漏失的问题，提高油气井的作业效率和安全性。

3.2 针对断缝体堵漏效果分析

在尝试提升堵漏配方的浓度以期达到更好的堵漏效果时，结果却并不如预期。相反，由于不同浓度的堵漏浆通过钻头螺杆，导致钻头螺杆的水眼被堵塞。在第一次堵漏时，由于堵漏浆的浓度偏低，但仍然成功止住漏点。但在随后几次堵漏尝试中，尽管使用更高浓度的堵漏浆，却未能成功堵住漏点。经过分析，第一次成功止漏可能是由于环空中的岩屑堆积和堵漏浆在封门架桥的共同作用所致。由于井下携带有螺杆和仪器，为了确保水眼的通畅，后续的 2-4 次堵漏尝试中，尽管提高了堵漏浆的浓度，但仍然严格控制了 1-3mm 大颗粒的总量在 5% 左右，这限制了堵漏效果的提升。到了第五次尝试时，我们决定增加 1-3mm

大颗粒的总量，并调整堵漏浆的当量密度，以提供更好的堵漏止水条件。这次配置了总浓度为 23.5% 的堵漏浆 45 方，其中 1-3mm 大颗粒的总量控制在 11%。然而，在随后的多次堵漏尝试中，套压的上涨导致钻具水眼被堵塞。

4 应用效果及经济效益

4.1 技术应用效果

本次再前期堵漏以及处理气侵时期泥浆合计合计漏失泥浆 $1009.96m^3$ ，并且出现钻具损伤以及堵水眼的情况。针对不同浓度配方的堵漏浆在经过螺杆和钻头时，需要多长时间才会导致水眼发生堵塞的问题，可以通过仔细观察堵漏浆的沉降稳定时间来得出一个准确的结论。通过实施固井侧钻，可以在较短的时间内完成原本耗时较长的钻井任务，稳固底层减少因地层不稳而造成的工期增加以及材料损耗，从而提高整体工程的效率。同时，此方法也有助于减少在钻井过程中可能产生的资源浪费，进一步提升经济效益。

4.2 经济效益

采取以上措施在进行钻井作业时产生了良好的经济效益。在特殊区域钻井，既要考虑地质条件和钻井工具的选择，还要密切关注钻井泥浆性能的变化。这种对泥浆性能的关注不仅是因为需要随时调整和控制钻井性能，确保作业的顺利进行，还因为长时间的堵漏作业会导致大量的未知的泥浆损失和钻具损耗。这种情况下不仅会增加直接成本，如泥浆材料和钻具的更换费用，还会带来间接成本，例如作业时间的延长和设备维护的增加。因此，在钻井过程中，必须综合考虑各种因素，采取有效措施以确保成本的有效控制和作业的安全，及其经济高效作业方式，以实现企业利润增长。

总之，为了提升封堵漏洞的效率，并且尽量缩短钻井工程的整个周期，固井侧钻的方案被提出。这一方案旨在通过优化施工流程和方法，达到节省时间和资源的目的。通过科学合理的规划和执行，固井侧钻方案有望在确保工程质量的前提下，显著缩短钻井工程的周期，为相关项目带来更大的时间和成本效益。

参考文献：

- [1] 马乃拜, 金圣林, 杨瑞召, 孟令彬, 王力, 胡永蓁. 塔里木盆地顺北地区断溶体地震反射特征与识别 [J]. 石油地球物理勘探, 2019, 07(16).
- [2] 赵静杰. 塔河油田 TK1040 井防漏堵漏与防坍塌钻井液技术 [J]. 西部探矿工程, 2010(10):67-70.