

石油钻井工程防漏堵漏工艺的应用及经济性分析

颜景若（中国石油长庆油田分公司工程技术监督中心，陕西 西安 710016）

摘要：石油钻井工程中的防漏堵漏工艺是确保钻井安全和提高经济效益的关键技术。通过有效的防漏堵漏技术，可以减少钻井液的损失，降低钻井成本，并减少因井漏导致的安全事故，从而提高整体的经济效益。在石油钻井工程推进期间若出现井漏问题将会损坏设备、破坏构造、浪费资源，为降低井漏对石油钻井工程的危害，应合理运用防漏堵漏技术。基于此，本文简单分析了石油钻井工程出现井漏现象的原因，从防漏工艺、堵漏工艺两个角度出发总结常用的石油钻井工程防漏堵漏工艺应用要点，进一步提出提高石油钻井工程防漏堵漏工艺应用效果的措施，为石油企业的经济发展夯实基础。

关键词：石油钻井工程；防漏工艺；堵漏工艺；经济性

防漏堵漏工艺的应用不仅能够提高石油钻井工程的安全性，还能通过减少成本和提高效率来增强经济性。井漏在石油钻井工程中属于常见问题，可从不同方面对石油钻井工程的稳定推进造成影响，为避免井漏现象引发安全质量事故，石油钻井工程技术人员根据现场状况合理选择防漏堵漏工艺进行处理，降低石油钻井工程中井漏问题的发生概率。此外，考虑到井漏对石油钻井工程的危害较大，故运用防漏堵漏工艺时，应结合石油钻井工程实际情况对防漏堵漏工艺优化运用，以此方可确保石油钻井工程稳步推进，也促进相关产业的经济稳定发展。

1 石油钻井工程出现井漏现象的原因

石油钻井工程出现井漏现象的原因主要表现在两个方面，其一为地质要素，其二为压力要素。

1.1 地质原因

若石油钻井工程结构中存在砂砾岩层，将会导致钻井工作面底层出现胶结性弱的现象，随着钻进工艺的推进将会导致岩层孔隙度不断提高，继而增大井漏问题发生概率。此外，若工程结构中具有其他弱胶结性的变质岩层，钻井开采期间可能出现裂缝病害，继而引发井漏问题，严重时岩石裂缝不断增大，还可能造成井喷。

1.2 压力原因

当石油钻井工程地层与井眼存在正压差现象时，井筒内部流体压力逐渐接近地层孔隙压力，当两者压力逐渐均衡时将会出现井漏问题^[1]。此外，不同的压力表现能够导致的石油钻井工程井漏问题存在差异，且受到钻井开采作业影响，导致石油钻井工程压力结构处于动态变化中，因此，对石油钻井工程进行防漏堵漏处理时，应根据工程实际情况确定可引发井漏问

题的压力隐患，有针对性地防漏堵漏。

2 常用石油钻井工程防漏堵漏工艺的应用要点

2.1 防漏工艺

2.1.1 井眼强化工艺

石油钻井工程推进实施期间需借助钻头逐步钻进，而当钻头钻入地层后将会实时产生井眼结构，由此对石油钻井工程原有的地层结构造成了破坏，受到钻进作用力及井眼结构的影响，石油钻井井壁位置可能产生细微裂缝，若放任细微裂缝扩大则会引发井漏问题。针对该现象，可应用井眼强化工艺填充裂缝，以此实现石油钻井工程防漏处理，降低井漏问题的发生概率。

井眼强化工艺运用期间，需石油钻井工程需求选择适宜的强化剂对井眼进行处理，结合以往工艺应用经验来看，可选用 AT-MUP 刚性树脂强化剂增强井眼、井壁的稳定性及强度，提高井眼承压水平，继而有效提高石油钻井工程的防漏性能，规避井漏问题。

2.1.2 速度控制工艺

为实现石油钻井工程防漏目标，合理运用速度控制工艺，对石油钻井工程的钻进速度精细化控制。具体来看，钻进速度应根据石油钻井工程岩层特征、设备性能、钻井工艺而合理确定，但为最大限度降低井漏概率，应将钻井速度控制在 100 ~ 150m/h 区间范围内，通过科学控制钻井速度而实现石油钻井工程防漏处理。在当前工艺环境下，可采用智能化钻井设备，于正式钻井施工之前设定速度标准区间与危险值，若钻进施工过程中速度达到危险值将会触发告警，提醒工艺人员及时处理应对。石油钻井期间若发现存在沙桥、井塌隐患，则要求钻井技术人员降低泵排量，减少速度，控制下钻阻力，避免出现沙桥、井塌问题而

增大井漏概率。石油钻井工程实践推进过程中，为有效避免井漏现象，应于钻井施工期间优先选用小排量泥浆泵，以便更好地控制钻进速度。

2.1.3 压力保护工艺

石油钻井工程钻进施工期间若于井底部位形成裂缝、孔洞等病害，将可能进一步发展为井漏事故，结合上述原因分析可知，压力是造成井漏的主要原因之一，故在石油钻井工程实施过程中为实现有效防漏，可选用压力保护工艺对井底部位的裂缝、孔洞病害严格处理。压力保护工艺运用过程中，要求相关人员实时记录钻井排量等数据，并以数据为依据判断钻井状态。在此基础上，钻井人员在钻进施工之前需明确岩层结构特点，基于石油钻井工程具体状况选用井口恒定压工艺进行钻进，借助该方式对石油钻井工程压力结构优化，继而起到防范井漏问题的效果。

2.2 堵漏工艺

当石油钻井工程钻进施工期间出现井漏现象后，需借助堵漏工艺进行处理，以免井漏程度恶化而影响石油钻井工程的稳定实施。现阶段普遍运用的堵漏工艺包括泥浆封堵工艺、KPD 堵漏工艺、复合承压剂工艺。

2.2.1 泥浆封堵工艺

现阶段石油钻井工程中最为常用的堵漏工艺为泥浆封堵工艺，该工艺主要借助泥浆材料封堵井漏区域。泥浆封堵工艺具体运用期间，为确保堵漏效果，应提前确定石油钻井工程的井漏位置、钻井条件、井漏原因，以实际情况为依据配备泥浆并选择适宜设备。若经分析后发现石油钻井工程主要受到岩土层裂缝影响而产生井漏现象，此时应适当降低泥浆泵排量，对泥浆润滑度、密度等参数优化调整，继而确保泥浆封堵工艺可良好处理应对井漏问题。若石油钻井工程存在砾石层、砂层，该类地层渗漏效果较高，故采用泥浆封堵工艺处理井漏问题时应适当增大泥浆黏度，强化泥浆流动阻力，在有效处理井漏现象的同时避免后阶段的渗漏概率。

2.2.2 KPD 堵漏工艺

KPD 堵漏工艺主要借助可控膨胀堵漏剂（KPD）而完成石油钻井工程的堵漏处理。与其他堵漏工艺相较，以可控膨胀堵漏剂为核心的 KPD 堵漏工艺的井漏问题处理成功率较高，至少可达 90%，且可控膨胀堵漏剂无污染，故现已被广泛运用到石油钻井工程的堵漏作业中。可控膨胀堵漏剂由水泥浆惰性材料构成，

故其能够在石油钻井工程中起到良好的封堵效果，此外，可控膨胀堵漏剂锁水膨胀性能优异，为确保 KPD 堵漏工艺可在石油钻井工程中得到良好运用，应以“高注低堵”为工艺运用原则对其灌注位置精细化确定。结合以往经验来看，KPD 堵漏工艺应用之前应确定漏失层区域，于漏失层上方 80 ~ 100m 范围内灌注可控膨胀堵漏剂，并以井漏程度为依据确定可控膨胀堵漏剂灌注量。若石油钻井工程具有失返性井漏现象，此时应适当降低可控膨胀堵漏剂的灌注位置，需于漏失层上方 60 ~ 80m 范围内进行灌注处理。

2.2.3 复合承压剂工艺

石油钻井工程发生井漏现象后可运用复合承压剂工艺进行堵漏，具体来看，复合承压剂工艺运用之前需确定石油钻井工程井漏程度及范围区域，基于实际选用适宜的复合承压剂完成堵漏工作。若采用混合水泥浆材料进行堵漏施工，为确保堵漏效果需做好自动节流管、压力步骤表的安装，并实时监测石油钻井工程井漏状态变化情况，根据实际状况调节压力值。此外，合理控制水泥浆液中复合承压剂的运用量，完成堵漏材料配备后可对其效果试验验证，并以验证结果为依据调节复合承压剂添加量，以此方可确保复合承压剂工艺可呈现出优异的堵漏效果。

3 提高石油钻井工程防漏堵漏工艺应用效果的措施

3.1 重视资料利用

石油钻井工程为有效提高防漏堵漏工艺的实际运用效果，需于井位部署前全面勘察地质条件，加强对地质勘察资料的重视，并将其运用到防漏堵漏工艺中，通过摸清石油钻井工程区域范围内的地质条件水平及水文结构分析是否存在风险源，继而能够提前发现石油钻井工程中可能存在的井漏风险点及敏感点。因此，石油钻井工程运用防漏堵漏工艺之前，需与钻探勘察方进行资料对接，获取勘察报告、地质解释等资料，并及时组织资料技术交底，以此确保石油钻井工程可在真实可靠资料信息的帮助下完成防漏堵漏处理工作。在此基础上，转变原有的防漏堵漏思维，根据钻井技术方案、地质资料而编制防漏堵漏工艺应用预案，明确关键参数，以石油钻井工程实钻状况为依据动态确定防漏堵漏细节，继而使防漏堵漏工艺可在足够的资料数据支撑下高质量实施。

3.2 正确处理钻井液

结合上述石油钻井工程防漏堵漏工艺运用要点分析可知，在防漏堵漏工艺中钻井液属于重要技术因素，

因此，为提高防漏堵漏技术在石油钻井工程中的运用效果，应对钻井液科学处理，并于钻井液施工之前落实施工准备工作，借助膨润技术提高钻井液状态稳定性，使泥浆能够符合石油钻井工程施工黏度标准，以受到钻井液稳定性不足出现较大结构变化，埋下井漏隐患。钻井液处理过程中，需根据石油钻井工程地质条件状态处理泥浆材料，采用搅拌预制方式对泥浆密度加以调节，通过控制泥浆密度而增强其润滑度。当石油钻井工程钻进至渗透性较高的区域后，为避免出现井漏问题应做好泥饼质量的监督监管工作，细致控制泥饼厚度，使泥浆运用过程中可表现出较高的渗透性能。石油钻井施工期间为防止出现空耗现象，需准备加重剂，根据泥浆状态及钻进状况而合理添加加重剂，杜绝空耗问题，减少井漏隐患。

3.3 引入先进技术

3.3.1 构建专家系统

专家系统属于人工智能技术的分支，能够借助智能计算机程序整理、推断、判断领域专家经验与知识而辅助人们下达决策，且随着专家系统使用时间的延长，智能计算机程序所采集的数据信息量不断增加，可动态提升专家系统的运用效果。对于石油钻井工程而言，其可构建专家系统，将石油钻井工程历史井漏案例相关信息传输至专家系统内，补充完善数据支撑。与此同时，在石油钻井工程内设置各类传感器，将传感器对接专家系统，确保专家系统能够实时了解钻进状况，一旦钻进参数出现异常，将会触发专家系统，此时专家系统则根据钻进异常特征而判定出现井漏问题的概率，调取以往防漏堵漏处理得出适宜的应对方案，并自动化进入应急处理程序，以免井漏隐患进一步扩大。

3.3.2 应用可视化技术

防漏堵漏工艺在石油钻井工程应用时，需通过一系列分析措施而确定井漏风险范围及点位，效率有限，且可能延误井漏风险最佳处理时段。针对该现象，为进一步提高石油钻井工程中防漏堵漏工艺的运用效果，可引入可视化技术，根据石油钻井工程方案构建可视化三维模型，采用三维模型的方式直观呈现出石油钻井工程的内部结构构造与钻头作业状况，以此可实现便捷化、实时化采集获取钻井数据及钻井影像，继而为防漏堵漏工艺的运用提供指导。此外，借助可视化技术改造防漏堵漏工艺时，可在构建石油钻井工程三维模型基础上输入地质环境参数、钻井工艺参数，采用三维仿真模拟的方式演示钻井工艺在石油钻井工

程的实际运用效果，通过三维可视化仿真模拟的方式提前了解可能存在的井漏风险点，继而在可视化技术的帮助下高精度运用防漏堵漏技术对石油钻井工程进行优化处理，由此不仅可降低石油钻井工程中井漏问题的发生概率，确保石油钻井工程能够高质量推进。

4 经济性分析

经济性分析是企业制定战略、优化运营、评估风险、提高决策质量的重要工具，对企业的长期发展和市场表现具有决定性影响。通过对石油钻井工程防漏堵漏工艺技术的应用，石油钻井工程的效益显著增加。如优化井眼轨迹及钻具组合可以节省钻井周期，从而降低直接成本。智能控压钻井和防漏堵漏技术的应用可以提高钻井效率，减少非生产时间，间接提升经济效益。

4.1 成本构成

防漏堵漏工艺的成本主要包括材料成本、人工成本、设备成本及潜在的环境治理成本。材料成本包括堵漏材料、泥浆等费用；人工成本涉及施工人员的工资及培训费用；设备成本包括钻井设备、注浆设备等；环境治理成本则与钻井过程中可能造成的环境污染相关。

4.2 经济效益评估

有效的防漏堵漏工艺不仅能减少井漏事故的发生，还能降低因井漏导致的经济损失和工期延误。具体来说，通过降低井漏风险，可以减少钻井液和岩屑的浪费，提高资源利用率；同时，减少因井漏导致的停工时间和维修费用，提高工程效率。此外，通过优化钻井方案和泥浆控制，还能降低整体施工成本，提高经济效益。

5 结束语

为确保防漏堵漏工艺能够在石油钻井工程发挥出良好作用，应加强对地质条件、钻井结构等资料的重视与利用，根据实际需求正确处理钻井液，此外还可引入先进技术，构建专家系统指导防漏堵漏工艺运用细节，并在可视化技术的帮助下搭建工程模型，从多个方面入手提高石油钻井工程防漏堵漏工艺的运用效果。综上所述，在石油钻井工程中，防漏堵漏工艺的优化设计对于降低成本和提高效益至关重要。钻井过程中的高效防漏堵漏，可以减少资源浪费和环境污染，提升钻井安全性和经济效益。

参考文献：

- [1] 孙舜,王志鹏.石油钻井工程的防漏堵漏工艺探讨[J].石化技术,2024,31(07):167-169.