

# 定向钻施工随钻堵漏技术的研究

寇 灵

中石化江汉油建工程有限公司 湖北 武汉 430070

**摘要:** 随着定向钻施工在复杂地层中的广泛应用,穿越过程中遇到的溶洞、裂隙等地质条件给施工安全带来了极大挑战。为确保施工过程的安全与效率,随钻堵漏技术的研究与应用显得尤为重要。本文旨在探讨定向钻施工中随钻堵漏技术的相关材料、配比及施工技术方案,以期为保障施工安全、提高施工效率提供技术支持。

**关键词:** 定向钻施工;随钻堵漏技术;堵漏材料;堵漏泥浆;施工方案

引言:在穿越施工中经常会遇到包含溶洞、裂隙等的复杂地层,因地层十分复杂,裂隙多、溶洞多,穿越一旦遇到此地层因泥浆漏失将导致施工过程的卡钻、钻杆断裂、回拖卡管、管道变形等极端风险。为解决地层漏浆而引起的穿越施工风险,提高穿越工程的成功率,开展随钻堵漏技术研究对规避管道穿越风险,保证管道穿越一次性成功回拖是十分必要的。

## 1 堵漏材料的调研和研究

### 1.1 801#堵漏剂的作用

801#堵漏剂系改性天然植物高分子复合材料,具有良好的水溶胀桥接封堵功能,粘附性强,与传统的堵漏剂相比,不受粒径“匹配”限制,适用于各种泥浆体系。可用于封堵漏失层,也可保护低压产层(油、气、水等)。

特性:对孔隙及微裂漏失,堵漏速度快,效果好;能迅速形成具有一定强度的非渗透性屏蔽带阻止工作液中的液、固相侵入储层,使储层免遭损害,屏蔽带通过射孔反排可以解除;能显著降低泥浆的滤失量,又不影响泥浆的流变性能,耐高温性能优良;不受电解质污染影响,无毒,无害。

### 1.2 801#堵漏剂的应用优势

在预防渗漏方面,801#堵漏剂以1-2%的用量即可达到显著效果。对于封堵砂层孔隙和微裂隙,其用量为2-4%,能够有效保护储层。当遇到严重漏失层时,801#堵漏剂以4-6%的用量展现出了强大的封堵能力。这种广泛的适用性使得801#堵漏剂成为复杂地质条件下定向钻施工的理想选择。

### 1.3 桥接材料的选择与应用

在定向钻施工过程中,随钻堵漏技术是实现安全、稳定高效施工的关键。桥接材料作为随钻堵漏技术的核心组成部分,其选择与应用对于确保堵漏效果至关重要。在调研中,发现桥接材料需要具备优异的吸水膨胀

性、粘附性和耐高温性能。因此,选择椰壳、稻壳、棉籽壳、锯末等天然植物纤维材料作为桥接材料,这些材料具有丰富的纤维结构和良好的吸附性能,能够在裂缝中形成稳定的桥接结构,有效阻止泥浆的漏失。同时,还研究了桥接材料与其他堵漏材料的配合使用效果,通过优化配比方案,提高了堵漏效果和泥浆的稳定性<sup>[1]</sup>。在应用方面,根据不同的施工地层和裂缝特点,选择合适的桥接材料和配比方案,并将其与堵漏泥浆混合使用。在施工过程中,桥接材料能够迅速在裂缝中形成稳定的桥接结构,有效阻止泥浆的漏失,确保施工的安全和效率。

## 2 定向钻施工随钻堵漏技术研究现状

### 2.1 堵漏材料研究

定向钻施工中的随钻堵漏技术作为保障工程安全和提高效率的关键手段,近年来在堵漏材料研究方面取得了显著进展。堵漏材料作为堵漏工艺的核心组成部分,其性能和选择直接关系到堵漏效果的好坏。(1)材料性能优化:提升堵漏材料的性能,包括吸水性、膨胀性、粘附性和耐高温性等。通过改进材料的合成工艺、引入新型添加剂、探索新型复合材料等方法,不断优化堵漏材料的性能,以适应各种复杂地层和裂缝条件。(2)材料多功能性:为了满足定向钻施工中多种复杂环境下的堵漏需求,需要开发具有多种功能性的堵漏材料。例如,一些堵漏材料不仅具有良好的堵漏性能,还具备抗高温、抗腐蚀、抗剪切等特殊性能,以应对复杂多变的施工条件。(3)环保与可持续性:随着环保意识的日益增强,堵漏材料的环保性和可持续性也成为了研究的重点。同时,通过回收利用和循环使用堵漏材料,降低资源消耗,实现可持续发展。(4)新型材料探索:为了不断拓宽堵漏材料的选择范围,还需积极探索新型堵漏材料。例如,纳米材料、高分子材料、生物材料等新型材料在堵漏领域的应用潜力备受关注。这些新型材料具有独特的物理化学性质,有望为堵漏材料的研究带来新的

突破。

## 2.2 堵漏工艺研究

定向钻施工中的随钻堵漏技术旨在确保钻探过程中的泥浆循环和地层稳定性，从而提高施工效率与安全性。堵漏工艺作为该技术的重要组成部分，一直是研究的焦点。

## 2.3 技术方案准备

现场要根据工程设计，结合前期实地勘察资料，制定针对性强的防漏堵漏技术预案，并将技术预案向主要管理人员、技术人员、施工人员交底。

## 2.4 设备准备

针对可能漏层或不确定地层前，泥浆相关设备必须满足下列要求。

(1) 泥浆泵能独立从两个泥浆罐上水，此两个泥浆罐与其它罐能完全隔离。加重泵能独立从此两个上水罐上水和回水。上水罐的各上水管线畅通，长度小于10米。

(2) 在泥浆粘切较高的情况下，加重（或配浆）泵要保证下料顺利；采用电动泵，电机功率不小于75KW；条件许可时，最好采用泥浆泵上水加重（或配浆）。

(3) 循环罐及配浆罐的搅拌机正常运转。

(4) 保证震动筛正常连续运转，现场储备40~120目各规格筛布。

(5) 现场配备独立的膨润土浆罐，保证罐内高浓度膨润土浆不少于20m<sup>3</sup>。

## 2.5 钻具准备

(1) 钻进可能漏层或不确定地层时，尽可能放大钻头水眼尺寸，为实施桥浆堵漏创造有力条件。

(2) 钻进可能漏层或不确定地层时，现场应准备相关尺寸的泥浆堵漏接头。

### 2.5.1 堵漏工艺优化

针对不同类型的地层和裂缝特点，研究者们致力于优化堵漏工艺参数，包括堵漏材料的选择、配比、注入方式和时间等。通过现场试验和数值模拟，不断优化堵漏方案，以提高堵漏效果和施工效率<sup>[1]</sup>。

### 2.5.2 先进注浆技术

注浆技术是实现随钻堵漏的关键环节。可以采用高压注浆、脉动注浆等先进注浆技术，以提高浆液在裂缝中的扩散效果和填充密实度，增强堵漏效果。

### 2.5.3 智能化堵漏控制

随着智能化技术的发展，智能化堵漏控制成为了可能。通过实时监测施工过程中的泥浆漏失情况、地层压力变化等信息，利用自动控制系统对堵漏过程进行精确控制，实现自适应堵漏，提高堵漏的准确性和效率。

### 2.5.4 堵漏效果评估

为了准确评估堵漏效果，采用实时泥浆漏失量测定。这能够实时监测和评估堵漏效果，为进一步优化堵漏工艺提供数据支持。

## 3 堵漏泥浆的配比优化

### 3.1 泥浆体系设计

在定向钻施工中，堵漏泥浆的配比优化和泥浆体系设计是确保随钻堵漏效果的关键环节。合理的泥浆配比不仅能够提高堵漏性能，还能够保障钻探过程的稳定性和安全性。在进行堵漏泥浆的配比优化时，要根据施工地层的特性和裂缝情况，选择适当的堵漏材料。这些材料应具备良好的吸水性、膨胀性、粘附力和耐温性能，以确保在裂缝中形成有效的堵塞。同时，还需要考虑泥浆的流变性、悬浮性和稳定性等因素，以确保泥浆在施工过程中能够均匀分布并有效填充裂缝。除了堵漏材料的选择，泥浆体系的设计也是至关重要的。泥浆体系应满足钻探过程中的多种要求，如冷却钻头、携带岩屑、平衡地层压力等。在设计泥浆体系时，需要综合考虑泥浆的密度、粘度、失水量、含砂量等参数，并根据实际情况进行调整和优化。为了确保泥浆的性能稳定和可靠性，还要进行泥浆的室内试验和现场试验。通过试验验证泥浆的堵漏效果、流变性能、悬浮性能等，并根据试验结果对泥浆配比进行微调，以达到最佳的堵漏效果和施工效果。

### 3.2 不同漏层、不同漏速下的井漏处理措施

发生井漏后，应根据地质构造特征、地层岩性特性、地层压力系数、钻井液密度、漏失速度，进行综合分析，对漏点和漏失特性做出正确判断，然后采取针对性强的堵漏措施，进行堵漏施工。

由于漏层特性和引起井漏的原因不同，应对不同类型的井漏时，推荐技术及措施如下：

(1) 表层井漏，在条件允许的情况下，首选采用高粘度泥浆快速强钻。强钻条件不具备，采用粗颗粒为主的高浓度桥堵浆进行桥堵；桥堵失效，注水泥浆堵漏。

(2) 非目的层中、深井段，发生孔隙性渗漏、天然裂缝（或溶洞）性流失及诱导裂缝性流失，首选降低钻井液排量试循环观察；降排量井漏不缓解或缓解不明显，静置堵漏2小时左右，试循环观察；静置堵漏无效，进行停钻桥浆堵漏。

(3) 目的层发生流失，选用具有保护油气层作用的桥浆进行堵漏。

(4) 由工程措施引起的井漏，可利用降低排量及起钻静置两种方法试处理；井漏不缓解，采用桥浆堵漏。

(5) 因压井、加重钻井液等因素造成的井漏, 多为压裂性漏失, 应首选高浓度桥浆堵漏; 桥堵无效, 注水泥浆堵漏。

### 3.3 桥堵配方选用原则

桥浆堵漏配方应随漏速不同、漏层特性不同、钻井液密度不同进行相应选择或调整。选择桥堵配方时, 应遵循以下五项原则:

(1) 要综合考虑桥堵剂几何形状、尺寸、机械硬度等特性, 做到粗、中、细颗粒搭配合适, 颗粒状、片状、纤维状材料搭配合适, 桥堵剂总浓度适宜。

(2) 漏速大, 桥堵剂总浓度宜高, 粗(或特粗)颗粒、长纤维类材料浓度宜高; 漏速小, 桥堵剂总浓度宜低, 且主要以细颗粒和纤维类材料为主。

(3) 对大裂缝和溶洞类地层漏失, 桥堵剂总浓度宜高, 粗(或特粗)颗粒、长纤维类材料浓度宜高, 细颗粒浓度宜低; 对于中小裂缝漏失或渗漏, 桥堵应主要以中粗及细颗粒和纤维类材料为主。

(4) 钻井液密度越高, 桥堵剂总浓度应相对低些; 钻井液密度越低, 桥堵剂总浓度应相对高些。

(5) 目的层堵漏要有利于桥堵剂返排或酸化解堵。

### 3.4 泥浆性能评价

通过科学的配比和优化, 可以显著提升泥浆的堵漏性能和施工效率。在进行堵漏泥浆的配比优化时, 首先需要根据施工地层的特性和裂缝情况, 选择适宜的堵漏材料和添加剂。这些材料和添加剂应具有良好的吸水膨胀性、粘附力、耐高温性和化学稳定性, 以确保在裂缝中形成有效且持久的堵塞。还需调整泥浆的密度、粘度、失水量等关键参数, 以满足施工过程中的不同需求。完成配比优化后, 对泥浆性能的评价显得尤为重要。通过一系列室内实验和现场应用测试, 可以全面评估泥浆的堵漏效果、流动性、悬浮性和稳定性等关键性能指标。例如, 可以通过模拟裂缝堵塞实验来测试泥浆在裂缝中的填充和密封能力; 通过流变性能测试来评估泥浆在不同剪切速率下的稳定性和流动性; 还可通过长期稳定性实验来检测泥浆在复杂施工环境中的耐久性。在评价过程中, 如发现泥浆性能不佳或存在潜在问题, 需要及时调整配比方案, 并重新进行实验验证。这种持续改进和优化的过程, 有助于不断完善泥浆的配比方案, 提高泥浆的综合性能, 从而确保定向钻井中随钻堵漏技术的成功应用<sup>[1]</sup>。

## 4 定向钻井随钻堵漏技术未来发展趋势

### 4.1 高性能复合材料

在定向钻井领域, 随着施工难度的日益提升和地

下环境的日益复杂, 堵漏材料面临着前所未有的挑战。这种高性能复合材料的设计思路是充分利用各种材料的优点, 以形成一种全面超越现有材料的全新堵漏材料。例如, 某些材料可能具有出色的吸水性, 能够快速吸收裂缝中的水分; 而另一些材料则可能具有极强的膨胀性, 能够在吸水后迅速膨胀, 填补裂缝。将这些材料结合在一起, 就有可能创造出一种既能够快速吸水又能迅速膨胀的新型复合材料。这种高性能复合材料还可能具备更强的粘附力和耐高温性。粘附力的增强可以使材料更好地粘附在裂缝壁上, 不易脱落; 而耐高温性的提高则可以使材料在高温或低温环境下仍能保持稳定的性能, 不受温度影响。

### 4.2 多功能集成材料

在未来堵漏材料的研发中, 多功能集成将成为重要的研发方向。这是因为定向钻井领域面临着越来越复杂多变的环境条件, 单一功能的堵漏材料往往难以满足实际需求。因此, 将多种功能集成于一体, 以开发出综合性性能更加优异的堵漏材料, 成为了解决这一问题的关键。多功能集成的堵漏材料将具备堵漏、抗高温、抗腐蚀、抗剪切等多种功能。在堵漏方面, 这种材料能够迅速准确地识别和填补裂缝, 保证施工的顺利进行。它还具有出色的抗腐蚀性能, 能够在恶劣的化学环境下保持稳定, 延长使用寿命。最后, 这种材料还具备抗剪切能力, 能够在受到外力作用时保持结构的完整性。为了实现这些功能的集成, 需要运用先进的材料制备技术和创新的设计思路。

### 结束语

总之, 定向钻井随钻堵漏技术的研究是一项长期而艰巨的任务。通过不断的探索和实践, 相信这一技术将会不断取得新的突破和进展, 为定向钻井的顺利进行提供更加可靠和高效的保障。让我们携手共进, 为随钻堵漏技术的未来发展贡献智慧和力量!

### 参考文献

- [1] 张伟, 李明, 刘强. 定向钻井随钻堵漏材料的研究进展[J]. 石油机械. 2022. 50(1): 77-82.
- [2] 王晓丽, 陈亮, 张建民. 随钻堵漏技术在定向钻井中的应用研究[J]. 石油钻探技术. 2021. 49(4): 113-118.
- [3] 陈国栋, 刘海涛, 赵伟. 纳米技术在定向钻井随钻堵漏材料中的应用研究[J]. 材料科学与工程学报. 2023. 31(2): 289-294.
- [4] 张伟明, 杨立平, 赵云龙. 多功能集成堵漏材料在定向钻井中的应用[J]. 石油化工高等学校学报. 2023. 36(1): 59-64.