

煤层气钻孔的泥浆配方优化研究

龙松涛

河南省资源环境调查一院有限公司 河南 郑州 450007

摘要: 煤层气作为煤的伴生矿产资源,是近一二十年在国际上崛起的洁净、优质能源和化工原料。在煤层气钻孔过程中,泥浆起着至关重要的作用,它不仅用于井孔修建和岩芯取样,还对煤层和围岩等地层进行钻进液力清洗、承载管壁和冷却钻头等。因此,优化煤层气钻孔的泥浆配方对于提高钻进效率、保障钻井安全、保护储层等具有重要意义。本研究旨在通过分析煤层气钻孔的地质条件、泥浆性能要求等因素,提出优化的泥浆配方。

关键词: 煤层气; 泥浆; 配方; 优化

引言

煤层气钻探过程中,泥浆的配制与调整是一个复杂而重要的环节。泥浆的性能直接影响到钻井的效率、安全性和储层保护效果。因此,针对煤层气的地质特点,优化泥浆配方,提高泥浆的抑制性、防塌性、携砂能力和稳定性等,对于煤层气勘探开发具有重要意义。

1 煤层气钻孔地质条件分析

煤层气钻孔的地质条件确实复杂且多变,对钻井作业提出了严峻的挑战。以山西省乡宁县为例,该地区的煤层气钻孔地质条件就具有显著的特殊性。岩层倾角的变化、岩性的多样性、孔深的深浅不一以及孔壁的稳定状况,都是影响钻孔作业的重要因素。乡宁县的煤层地层往往倾角较大,且煤层本身质地松软,易发生大漏和垮塌现象。这就要求在钻孔过程中,必须根据地层的变化,及时调整泥浆的配方和性能。泥浆不仅要具有良好的润滑性,以减少钻具与孔壁的摩擦,还要有足够的携屑能力,确保钻孔过程中产生的煤屑和岩屑能够及时被带出孔外。此外,孔深的增加也会带来一系列的技术难题,如孔内压力的控制、泥浆的循环等。因此,在煤层气钻孔过程中,必须综合考虑各种地质条件,制定科学合理的钻井方案,以确保钻井作业的顺利进行。

2 煤层气钻孔的泥浆配方优化原则

2.1 维护煤层稳定

煤层气钻孔过程中,泥浆必须具有一定的抑制性和抗侵污性能,以维护煤层的稳定。例如,无固相弱凝胶钻井液体系具有较好抑制性和抗侵污性能,能够满足在水平段的安全钻进。

2.2 提高携砂能力

泥浆的携砂能力对于钻井效率至关重要。在煤层气钻孔过程中,泥浆需要携带岩屑和煤粉等固体颗粒返回地面,以避免孔内堵塞和钻井事故的发生^[1]。因此,优化泥

浆配方,提高泥浆的携砂能力,是提高钻井效率的关键。

2.3 降低失水量

失水量是衡量泥浆性能的重要指标之一。在煤层气钻孔过程中,泥浆的失水量过大,会导致孔壁失稳、坍塌等问题的发生。因此,优化泥浆配方,降低泥浆的失水量,是保障钻井安全的重要措施。

2.4 增强稳定性

泥浆的稳定性直接影响到钻井的顺利进行。在煤层气钻孔过程中,泥浆需要具有一定的稳定性,以抵抗地层压力、温度变化等因素的影响。因此,优化泥浆配方,增强泥浆的稳定性,是确保钻井安全的重要保障。

3 煤层气钻孔泥浆配方优化研究

3.1 泥浆基础配方

泥浆的基础配方是煤层气钻孔作业中的核心组成部分,它直接影响着钻孔的效率和安全性。泥浆的基础配方主要由水、粘土、稳定剂以及一系列化学添加剂构成。水是泥浆的主体,占据了泥浆的大部分体积,它不仅是泥浆的流动介质,还参与着泥浆与地层之间的相互作用。粘土则是泥浆粘度的主要来源,它通过吸水膨胀形成泥浆的骨架,赋予泥浆一定的流变性和携带能力。稳定剂在泥浆中起着至关重要的作用,它能够增强泥浆的稳定性,防止泥浆在钻进过程中发生分层、沉淀或变质。化学添加剂则根据具体的地质条件和钻进需求来选定,它们可以调整泥浆的pH值、粘度、滤失性、润滑性等性能,以满足不同地层和钻进工艺的要求。在配制泥浆时,必须充分考虑煤田的地质条件、井径的大小、岩层的性质、钻头的类型、钻进的速度以及钻进的深度等多种因素。通过对这些因素的综合分析,可以制定出精确的泥浆配方,确保泥浆在钻进过程中能够发挥出最佳的性能。

3.2 不同地层泥浆配方优化

3.2.1 稳定地层钻进

在稳定地层中钻进时,地层不易塌落或泄漏,岩层特性相对均匀。针对这种地层条件,可以采用K-PAM无固相胶溶液泥浆体系。这种泥浆体系密度较小,润滑性能优越,携带岩粉的能力强,而且成本低廉,操作简单方便。K-PAM无固相胶溶液泥浆体系通过优化粘土与化学添加剂的配比,形成了具有良好流变性和稳定性的泥浆。这种泥浆在钻进过程中能够有效地润滑钻头,减少钻进的阻力,提高钻进效率^[2]。同时,它还能够迅速地携带岩粉返回地面,避免岩粉在孔内堆积造成堵塞。

3.2.2 易坍塌、易剥落地层钻进

对于地层接触泥浆后易吸水膨胀、逐渐呈片状、块状剥落于孔内形成“砂桥”的地层,钻进过程中需要特别注重泥浆的护壁防塌性能。此时,可采用钾胺盐护壁防塌泥浆体系。钾胺盐护壁防塌泥浆体系通过加入钾胺盐、烧碱水溶液和Na-CMC胶溶液等处理剂,有效地提高了泥浆的护壁防塌性能。钾胺盐能够与地层中的粘土矿物发生作用,抑制其水化膨胀;烧碱水溶液则能够调节泥浆的pH值,使其处于适宜的范围内;Na-CMC胶溶液则能够增强泥浆的粘度和切力,提高泥浆的携带能力和稳定性。

3.2.3 砂滤“缩径”地层钻进

在渗透性强、易形成泥皮导致孔径变小的地层中钻进时,需要采用能够有效防止孔径缩小的泥浆体系。脲胺盐无固相泥浆体系就是一种适用于这种地层条件的泥浆体系。脲胺盐无固相泥浆体系通过优化粘土与化学添加剂的配比,形成了具有良好润滑性和稳定性的泥浆。这种泥浆在钻进过程中能够有效地减少泥皮的形成,防止孔径缩小;同时,它还能够迅速地携带岩粉返回地面,保持孔内的清洁和畅通。

3.2.4 深孔段自造浆地层钻进

在钻孔较深、本身砂泥岩互层、有自造浆粘土成分的地层中钻进时,需要采用具有良好润滑性和自造浆能力的泥浆体系。润滑型聚丙烯酰胺泥浆体系就是一种适用于这种地层条件的泥浆体系。润滑型聚丙烯酰胺泥浆体系通过加入PAM等处理剂,有效地提高了泥浆的润滑性和自造浆能力^[3]。PAM能够与地层中的粘土矿物发生作用,形成具有良好润滑性的泥饼;同时,它还能够及时除去泥浆中的有害固相成分,保持泥浆的清洁和稳定。这种泥浆体系在深孔段钻进中能够发挥出良好的性能,提高钻进效率和安全性。

3.3 泥浆性能调整与优化

在钻探过程中,泥浆的性能需要根据实际情况进行

及时的调整和优化。当泥浆的粘度过高、流动性较差时,可以按照泥浆的总量加入一定比例的磺化褐煤树脂来降低粘度。磺化褐煤树脂具有良好的分散作用,能够有效地降低泥浆的粘度,提高泥浆的流动性。具体加入量需根据泥浆的初始粘度和期望的粘度范围来确定,并通过实验进行验证。当泥浆的比重过高、泵压较高时,可以通过排掉部分原浆并补充相应量的磺化褐煤树脂溶液来降低比重。排浆和补浆的量需根据泥浆的初始比重和期望的比重范围来计算,以确保调整后的泥浆比重满足钻进需求。同时,还要注意调整泥浆的流变性和滤失性,以确保泥浆在钻进过程中的稳定性。除了粘度和比重外,泥浆的润滑性、过滤性、稳定性等方面的性能也需要根据实际情况进行调整和优化。例如,在钻进过程中,如果发现泥浆的润滑性不足,导致钻头磨损加剧或钻进速度下降,可以适当加入润滑剂来改善泥浆的润滑性。润滑剂的选择需根据地层特性和钻进需求来确定,以确保其对泥浆性能的提升效果^[4]。同时,还要密切关注泥浆的滤失情况。如果滤失量过大,会导致孔壁失稳、坍塌等问题的发生。因此,要根据泥浆的滤失量和地层的特性来选择合适的滤失控制剂,并调整其用量以控制泥浆的滤失量在合理范围内。此外,稳定性也是泥浆性能的重要指标之一。在钻进过程中,要定期检测泥浆的稳定性,并根据检测结果来调整稳定剂的用量和种类。以确保泥浆在钻进过程中能够保持稳定的性能,提高钻进效率和安全性。

4 煤层气钻孔的泥浆配方优化实例分析

4.1 地层概况与钻孔挑战

山西省乡宁县的地层结构复杂,煤层赋存条件特殊,易发生大漏和垮塌现象。大漏主要是由于地层中存在裂隙或溶洞,导致泥浆在钻进过程中大量漏失;而垮塌则是由于地层中的黏土矿物在水化作用下膨胀,导致孔壁失稳。这些地质特性给煤层气钻孔作业带来了极大的挑战,不仅影响钻孔效率,还可能对测井结果造成干扰,甚至危及作业安全。

4.2 泥浆配方优化方案

为了应对乡宁县地层的挑战,提出了以下具体的泥浆配方优化方案:

4.2.1 泥浆总量与配制方式

井外泥浆总量严格控制在10m³以内,以确保泥浆的有效管理和利用。在配制泥浆时,采用机械搅拌的方式,确保泥浆各组分充分混合均匀。

4.2.2 基础泥浆配制

一是磺化褐煤树脂的加入:一次性向泥浆中加入0.5

吨磺化褐煤树脂。磺化褐煤树脂是一种天然高分子化合物,具有良好的抑制性,能够有效抑制地层中的黏土水化膨胀,减少泥浆的滤失量。同时,它还能提高泥浆的润滑性,降低钻具与孔壁之间的摩擦系数。二是膨润土的加入:随后加入5吨膨润土。膨润土是一种具有层状结构的硅酸盐矿物,具有良好的造浆性能和悬浮能力。在泥浆中加入膨润土后,能够形成稳定的泥浆体系,提高泥浆的黏度和切力,增强泥浆对孔壁的支撑作用。

4.2.3 护壁剂的补充

选择广谱护壁剂Ⅲ型作为护壁剂,该护壁剂具有良好的兼容性和适应性,能够改善泥浆的流变性和滤失性。按广谱护壁剂Ⅲ型1%的加量补充泥浆。在加入护壁剂时,要边搅拌边加入,确保护壁剂充分溶解在泥浆中。护壁剂的加入能够进一步增强泥浆对孔壁的支撑作用,防止孔壁垮塌。

4.2.4 完钻前处理

在完钻前10米,再次加入3吨膨润土。这一步骤的目的是提高泥浆的黏度和切力,增强泥浆的携砂能力。在钻孔过程中,会产生大量的钻屑和砂粒,如果泥浆的携砂能力不足,这些钻屑和砂粒就会沉积在孔底,影响测井的准确性。通过加入额外的膨润土,可以确保泥浆具有足够的携砂能力,将钻屑和砂粒顺利携带出孔外。在加入膨润土后,要对泥浆的性能进行检测和调整,确保泥浆的黏度、切力、滤失量等指标符合钻孔作业的要求。

4.3 泥浆配方的性能特点

4.3.1 抑制性

磺化褐煤树脂的加入显著增强了泥浆的抑制性。它能够与地层中的黏土矿物发生作用,抑制黏土的水化膨胀,减少泥浆的滤失量。同时,磺化褐煤树脂还能提高泥浆的润滑性,降低钻具与孔壁之间的摩擦系数,减少钻具的磨损和损坏。

4.3.2 抗侵污性能

广谱护壁剂的补充改善了泥浆的流变性和滤失性。护壁剂能够与泥浆中的其他组分发生协同作用,形成稳定的泥浆体系。当地层流体侵污泥浆时,护壁剂能够保持泥浆的稳定性,防止泥浆性能发生剧烈变化,确保钻孔作业的顺利进行。

4.3.3 携砂固壁能力

完钻前加入的额外膨润土提高了泥浆的黏度和切

力,增强了泥浆的携砂能力。在钻孔过程中,泥浆能够顺利将钻屑和砂粒携带出孔外,避免它们在孔底沉积。同时,泥浆还具有良好的固壁能力,能够支撑孔壁,防止孔壁垮塌。

4.3.4 环保性

该泥浆配方所选用的原材料均为环保材料,不会对环境造成污染。在钻孔作业结束后,泥浆可以经过处理后进行回收利用或安全处置,减少了对环境的影响。

4.4 应用效果与评估

该泥浆配方在乡宁县煤层气钻孔作业中得到了成功应用。在实际钻孔过程中,泥浆表现出了良好的抑制性、抗侵污性能和携砂固壁能力。具体表现为:钻孔过程中未发生大漏现象,泥浆漏失量控制在合理范围内;孔壁稳定,未出现垮塌现象,保证了钻孔作业的顺利进行;测井过程顺利,数据准确可靠,为后续的煤层气开发提供了有力支持;钻具磨损和损坏情况明显减少,降低了作业成本。综上所述,针对山西省乡宁县地层特性优化的煤层气钻孔泥浆配方具有显著的优势和应用效果。该配方不仅满足了钻孔过程中的技术要求,还提高了作业效率和安全性,降低了作业成本,为煤层气开发提供了有力保障。同时,该配方还具有良好的环保性,符合现代环保理念的要求。

结语

本研究针对煤层气钻孔的地质条件,提出了泥浆配方优化的原则和方法。通过调整泥浆的基础配方和性能参数,可以提高泥浆的抑制性、防塌性、携砂能力和稳定性等,从而提高钻井效率、保障钻井安全和保护储层。未来,可以进一步深入研究不同地层条件下泥浆配方的优化方法,以推动煤层气勘探开发技术的不断进步。

参考文献

- [1]赵伟光,付天池,郭玉良,等.煤层气钻孔化学堵漏浆液的配制与试验[J].煤田地质与勘探,2018,46(05):199-205.
- [2]赵建新.煤层气井径向水力钻孔技术应用及效果分析[J].能源技术与管理,2021,46(04):33-34.
- [3]乔晋,李瑞,王森,等.西山地区煤层气径向水力钻孔技术应用及效果[J].煤炭工程,2020,52(06):86-90.
- [4]何柄盛.山西左云煤层气预查钻孔钻探施工实例分析与研究[J].西部探矿工程,2017,29(09):99-102.