

Research on Wellbore Stability Technology of Deep Coal Rock Gas Water Based Drilling Fluid

Siyuan Zhou¹ Guanqun Hou^{2*}

1. Drilling Fluid Company of Great Wall Drilling Engineering Co., Ltd., Panjin, Liaoning, 124100, China

2. CNPC Great Wall Drilling Engineering Co., Ltd. Drilling Fluid Company, Panjin, Liaoning, 124000, China

Abstract

Deep coal and rock gas development is one of the important issues in the field of energy, and drilling fluid wall stability is a key issue in deep coal and rock gas development. The paper analyzes the influencing factors, main manifestations, and hazards of wellbore stability issues in deep coal rock gas water-based drilling fluids, studies laboratory research methods and numerical simulation methods, and proposes technical improvement measures such as drilling fluid formulation optimization and drilling parameter control optimization, aiming to improve the wellbore stability of deep coal rock gas water-based drilling fluids and promote the sustainable development of deep coal rock gas development.

Keywords

deep coal gas; water-based drilling fluid; wall stability

深层煤岩气水基钻井液井壁稳定性技术研究

周思远¹ 侯冠群^{2*}

1. 长城钻探工程有限公司钻井液公司, 中国·辽宁 盘锦 124100

2. 中国石油集团长城钻探工程有限公司钻井液公司, 中国·辽宁 盘锦 124000

摘要

深层煤岩气开发是当前能源领域的重要课题之一, 而钻井液井壁稳定性是深层煤岩气开发中的一个关键问题。论文通过分析深层煤岩气水基钻井液井壁稳定性问题的影响因素、主要表现和危害, 研究了实验室研究方法和数值模拟方法, 并提出了钻井液配方优化和钻井参数控制优化等技术改进措施, 旨在提高深层煤岩气水基钻井液井壁稳定性, 推动深层煤岩气开发的可持续发展。

关键词

深层煤岩气; 水基钻井液; 井壁稳定性

1 引言

煤岩气是一种重要的能源资源, 其开采对于能源供应和经济发展具有重要意义。然而, 深层煤岩气的开采过程中面临许多技术难题, 其中之一就是深层煤岩气水基钻井液的井壁稳定性问题。井壁稳定性是指在钻井过程中, 钻井液与地层之间的相互作用, 以及地层围压对井壁的影响, 是否能够维持井壁的稳定和完整。井壁稳定性的不良会导致井壁塌陷、井筒失稳等问题, 严重影响钻井作业的顺利进行。

【作者简介】周思远(1991-), 男, 满族, 中国辽宁葫芦岛人, 本科, 工程师, 从事钻井液研究。

【通讯作者】侯冠群(1982-), 男, 中国辽宁葫芦岛人, 本科, 工程师, 从事钻井液研究。

2 深层煤岩气水基钻井液井壁稳定性问题分析

2.1 深层煤岩气水基钻井液井壁稳定性的影响因素

①地质因素。地质条件是影响井壁稳定性的重要因素之一。深层煤岩气开采区域地质复杂, 存在着不同程度的构造变形、岩性差异、节理裂隙等地质问题。这些地质因素对井壁稳定性产生直接影响, 可能导致井壁塌陷、漏失等问题^[1]。

②钻井液性质。钻井液的性质是决定井壁稳定性的关键因素之一。深层煤岩气开采中常用的钻井液主要有水基钻井液和油基钻井液两种。水基钻井液在高温高压环境下容易发生水化膨胀, 导致井壁不稳定; 而油基钻井液的密度大, 具有较好的孔隙支撑能力, 但其处理和回收成本较高。

③压力因素。井下的地层压力也是影响井壁稳定性的重要因素。在深层煤岩气开采中, 地层压力较高, 如果钻井液的密度不适当, 将导致井壁失稳。

④钻井液循环系统。钻井液循环系统的设计和运行也会对井壁稳定性产生影响。循环系统中的泵浦、管道、过滤器等设备的选择和配置,以及钻井液的循环速度和循环量等参数的控制,都会对井壁稳定性产生重要影响^[2]。

2.2 深层煤岩气水基钻井液井壁稳定性问题的主要表现

①井壁泥浆失水。在钻井过程中,井壁泥浆的水分会被煤岩层吸收,导致井壁泥浆失水。失水后,井壁的稳定性和完整性会受到影响,可能会引起井壁坍塌和断裂。

②井壁坍塌。井壁坍塌是深层煤岩气水基钻井液井壁稳定性问题中的常见现象,井壁坍塌会导致井孔变形,进而影响钻井作业的正常进行。造成井壁坍塌的原因多种多样,包括钻井液性质不合适、煤岩层物理性质差异大、钻井压力过高等。

③井壁断裂。井壁断裂是指井壁发生裂缝和破裂的现象,井壁断裂不仅会导致钻井液的丧失,还可能引起煤岩层的坍塌和渗漏。井壁断裂的形成与钻井液的性质、煤岩层的物理性质以及钻井压力等因素密切相关。

④井壁不稳定。井壁不稳定是指在钻井过程中,井壁发生变形和振动的现象,井壁不稳定会导致井孔变形,增加钻井难度,甚至会引起事故发生。井壁不稳定的原因与钻井液的性质、煤岩层的物理性质、孔隙压力等因素有关。

2.3 深层煤岩气水基钻井液井壁稳定性问题的危害

深层煤岩气水基钻井液井壁稳定性问题的存在对煤岩气开采工作和环境都会产生一定的危害,主要包括以下几个方面:

①安全风险:井壁稳定性问题容易导致井筒坍塌、井壁崩塌等事故的发生,危及工作人员的生命安全。

②生产效率低下:井壁稳定性问题会导致钻井作业的中断和延误,降低生产效率。

③资源浪费:井壁稳定性问题会导致钻井液的浪费和井筒设备的损坏,增加开采成本。

④环境污染:井壁稳定性问题会导致钻井液和煤层气之间的物质交流,可能造成地下水污染和土壤退化等环境问题^[3]。

3 深层煤岩气水基钻井液井壁稳定性技术研究方法

3.1 实验室研究方法

3.1.1 井壁稳定性实验设计

在进行实验室研究之前,需制定合理的井壁稳定性实验设计。其一,需要选择合适的实验装置,如井筒模型、岩石样本等。井筒模型应具备与实际井筒相似的几何形状和尺寸,岩石样本应选取具有代表性的深层煤岩样本。其二,需要确定实验参数,如井深、钻井液性质、井壁压力等。实验参数的选择应考虑实际工况和研究目的,同时要保证实验的可重复性和可比性。

实验数据的采集与分析是实验室研究的关键环节。在

实验过程中,需要准确测量和记录各项参数,如井壁稳定性指标、岩石破裂压力、钻井液性能等。同时,还需对实验数据进行统计和分析,以揭示不同因素对井壁稳定性的影响规律。常用的数据分析方法包括回归分析、方差分析、主成分分析等。通过数据分析,可以得出结论并提出相应的建议和改进措施。

实验室研究方法的优点在于可以控制实验条件,剔除外界干扰因素,从而更加准确地评估井壁稳定性。然而,实验室研究也存在一定局限性。由于实验条件的限制,实验结果可能与实际情况存在差异。因此,在进行实验室研究时,需要注意将实验结果与实际工况相结合,以提高研究的可靠性和适用性。

3.1.2 实验数据采集与分析

数值模拟方法是研究深层煤岩气水基钻井液井壁稳定性的另一种重要手段。通过建立数学模型和计算机仿真,可以模拟井壁受力和变形过程,评估不同因素对井壁稳定性的影响。

数值模拟方法的关键是建立合适的数学模型。对于深层煤岩气水基钻井液井壁稳定性的研究,常用的数学模型包括弹性模型、弹塑性模型、损伤模型等。选择合适的数学模型应考虑岩石的力学性质、井筒的几何形状和尺寸、钻井液的性质等因素。同时,还需确定数值模拟的边界条件和初始条件,以保证模拟结果的准确性和可靠性。

数值模拟方法的优点在于模拟复杂的井壁受力和变形过程,揭示井壁破裂的机理和规律。此外,数值模拟还可以对不同因素进行敏感性分析,评估其对井壁稳定性的影响程度。通过数值模拟,为实际工程提供参考和指导,减少试错成本,提高工作效率^[4]。

3.2 数值模拟方法

3.2.1 深层煤岩气水基钻井液井壁稳定性数值模拟原理

深层煤岩气水基钻井液井壁稳定性数值模拟的原理是基于岩石力学原理和流体力学原理。首先,需要建立深层煤岩的力学模型,包括岩石的弹性模量、泊松比、抗拉强度等参数。其次,需要建立井筒内钻井液的流动模型,包括钻井液的黏度、密度、流速等参数。最后,通过模拟计算,可以得到不同工况下井壁的应力分布、变形情况以及井壁稳定性的评估指标。

3.2.2 数值模拟软件选择与应用

在选择数值模拟软件时,需要考虑软件的可靠性、计算速度和使用便捷性。目前市场上常用的数值模拟软件有FLAC、ABAQUS、ANSYS等。这些软件具有强大的计算能力和丰富的功能,满足深层煤岩气水基钻井液井壁稳定性数值模拟的需求。

例如,在山西永和一大宁区域吉深×井的深层煤岩气开发中,研究人员使用FLAC软件进行了水基钻井液井壁稳定性的数值模拟。他们建立了煤层和井筒的几何模型,并设置了合适的边界条件和初始条件,然后他们通过输入煤层

的力学参数和钻井液的流动参数,进行了模拟计算。模拟计算得到了井壁的应力分布、变形情况以及井壁稳定性的评估指标。通过对不同工况的模拟计算,研究人员得出了关于钻井液配方和钻井参数优化的建议,为实际工程提供了指导。

数值模拟方法的优点在于模拟复杂的井壁受力和变形过程,揭示井壁破裂的机理和规律。同时,数值模拟还对不同因素进行敏感性分析,评估其对井壁稳定性的影响程度。通过数值模拟,为实际工程提供参考和指导,减少试错成本,提高工作效率。

4 深层煤岩气水基钻井液井壁稳定性技术改进措施

4.1 钻井液配方优化

4.1.1 优化井壁稳定剂的选择与配比

优化井壁稳定剂的选择与配比是改善深层煤岩气水基钻井液井壁稳定性的重要措施之一。在选择井壁稳定剂时,应综合考虑其抑制岩屑膨胀、增强井壁强度、降低井壁渗透性等因素。目前常用的井壁稳定剂有聚合物、黏土、纤维素等。

聚合物是一类高分子化合物,具有较强的吸附能力和粘附能力,能够有效地减少岩屑膨胀和井壁渗透性。常用的聚合物井壁稳定剂有聚乙烯醇、聚丙烯酰胺等。在选择聚合物井壁稳定剂时,需考虑其分子量、溶解度、稳定性等因素,并根据地层条件进行合理的配比^[5]。

4.1.2 优化井壁稳定性改进剂的添加方法

黏土是一种天然矿物质,具有较强的吸附和吸水能力,可以有效地控制井壁稳定性。常用的黏土井壁稳定剂有膨润土、白云石等。在选择黏土井壁稳定剂时,需考虑其粒径、吸水性能、黏结能力等因素,并根据地层条件进行合理的配比。

纤维素是一种天然生物物质,具有较强的吸附能力和增强井壁强度的作用。常用的纤维素井壁稳定剂有纤维素醚、纤维素醇等。在选择纤维素井壁稳定剂时,需考虑其纤维长度、分散性能、稳定性等因素,并根据地层条件进行合理的配比。

同时,还可以通过优化井壁稳定剂的配比,调整井壁稳定剂的用量,以提高井壁稳定性。根据不同地层条件和钻井液性能要求,合理控制井壁稳定剂的添加量,避免过量使用或不足使用。

在优化井壁稳定性改进剂的添加方法方面,可以采用分层添加、连续添加和间歇添加等方式。分层添加是指将井壁稳定剂按照一定比例分批次加入钻井液中,以提高井壁稳定性。连续添加是指在钻井过程中不间断地向钻井液中加入井壁稳定剂,以保持井壁稳定性。间歇添加是指在钻井过程中定期向钻井液中加入井壁稳定剂,以保持井壁稳定性。

4.2 钻井参数控制优化

4.2.1 钻进速度的控制与调整

钻进速度的控制与调整是指在钻进过程中合理控制钻进速度,以避免对井壁稳定性造成不利影响。在深层煤岩气水基钻井液中,由于岩性复杂、地应力较大等因素,钻进过

程中存在较大的井壁稳定性风险。因此,合理控制钻进速度对于保证井壁稳定至关重要。

一方面,过快的钻进速度会增加井壁塌陷的风险。当钻进速度过快时,钻井液的循环效果可能不够充分,无法及时将岩屑带出井口,导致岩屑积聚在井壁上,增加井壁塌陷的可能性。此外,快速钻进还会增加井下地应力的变化速度,进一步加剧井壁稳定性的风险。

另一方面,过慢的钻进速度也会对井壁稳定性造成不利影响。当钻进速度过慢时,钻井液的循环效果可能过于充分,导致过多的钻井液进入井壁,使井壁饱和,增加井壁塌陷的风险。此外,过慢的钻进速度还会延长钻井时间,增加井壁稳定性问题的暴露时间。

因此,在深层煤岩气水基钻井液中,需要通过合理控制和调整钻进速度来保证井壁稳定,具体而言,根据地质条件、岩屑排除能力等因素来确定合适的钻进速度。在岩性较差或地应力较大的地层中,应适当降低钻进速度,以减小井壁稳定性风险;而在岩性较好或地应力较小的地层中,适当提高钻进速度,以提高钻井效率。

4.2.2 钻井液循环量的控制与调整

根据地层性质调整循环量:根据地层的性质和井壁稳定性的要求,调整钻井液的循环量,在软弱地层中,适当增加循环量,以提高清洗效果;在硬地层中,适当减少循环量,以减小井壁泥浆渗透性。

合理选择钻井液性能:根据地层的性质和井壁稳定性的要求,选择合适的钻井液性能。例如,在需要增强井壁稳定性的地层中,选择高黏度的钻井液,以增加井壁的支撑能力。

控制钻井液滤失量,提高滤饼质量,以保证其在井壁与地层之间形成一层稳定的膜,减少井壁泥浆渗透性。

5 结语

深层煤岩气水基钻井液井壁稳定性技术研究是解决深层煤岩气开采过程中的一个重要问题。论文通过对深层煤岩气水基钻井液井壁稳定性的详细研究和分析,探讨了影响井壁稳定性的因素,分析了井壁稳定性问题的主要表现和危害,并提出了相应的改进措施。深入研究深层煤岩气水基钻井液井壁稳定性技术,对于提高深层煤岩气开采效率和安全性具有重要的意义。

参考文献

- [1] 朱寒杨,王李昌,彭文祥,等.深地钻井井壁稳定性影响因素与应对策略分析[J].地质装备,2022,23(5):40-42.
- [2] 李一勤,毛磊.煤层气欠平衡钻井中井壁稳定性分析[J].化工管理,2022(18):165-168.
- [3] 于磊.页岩气钻井井壁稳定影响因素探究[J].西部资源,2021(5):33-35.
- [4] 赵亚坤.川东北地区欠平衡钻井井壁稳定性研究[D].青岛:中国石油大学(华东),2020.
- [5] 秦洁.钻井液性能对井壁稳定性的影响[J].中国石油和化工标准与质量,2020,40(21):37-39.