

高原冻土水合物钻探冲洗液的研究

杨新江

新疆维吾尔自治区地质矿产勘查开发局第八地质大队, 新疆 阿克苏 843000

[摘要] 冲洗液的选择和性能直接影响钻孔的质量和天然气水合物资源的勘探成功率。合适的冲洗液可保持钻孔的稳定性, 防止井壁坍塌和泥浆漏失, 确保钻孔的完整性和质量, 而地球的高海拔地区, 尤其是高原冻土地区, 天然气水合物资源的钻探开发具有重要的战略意义和巨大的挑战性。基于此, 文章探讨高原冻土水合物钻探过程中冲洗液的作用、选择以及技术要求, 为高原冻土水合物钻探工程的冲洗液选择和优化提供理论指导和实践参考。

[关键词] 高原冻土水合物; 钻探冲洗液; 流变性能

DOI: 10.33142/aem.v6i7.12670

中图分类号: P634.6

文献标识码: A

Research on drilling and Flushing Fluid for Hydrates in Plateau Permafrost

YANG Xinjiang

The Eighth Geological Brigade of Xinjiang Geology and Mineral Exploration and Development Bureau, Aksu, Xinjiang, 843000, China

Abstract: The selection and performance of flushing fluid directly affect the quality of drilling and the success rate of hydrate resource exploration. An appropriate flushing fluid can maintain the stability of drilling, prevent wellbore collapse and mud leakage, ensure the integrity and quality of drilling, and the drilling and development of hydrate resources in high-altitude areas of the Earth, especially in plateau permafrost areas, have important strategic significance and huge challenges. Based on this, this article explores the role, selection, and technical requirements of flushing fluid in the drilling process of hydrate in plateau permafrost, providing theoretical guidance and practical reference for the selection and optimization of flushing fluid in plateau permafrost hydrate drilling engineering.

Keywords: plateau permafrost hydrate; drilling flushing fluid; rheological properties

引言

天然气水合物资源是一种储藏丰富的天然气资源, 其在地下形成的独特环境以及与冻土的关系使得其勘探与开发工作变得异常复杂, 高原冻土地区由于极端的气候条件、地质结构的特殊性以及环境保护的要求, 对天然气水合物钻探工程提出了极高的技术要求和安全标准。

天然气水合物的钻探工程需要通过使用冲洗液来维持钻井设备的稳定性、保护井壁、冷却钻头、携带岩屑以及传递钻井动力^[1]。然而, 在高原冻土地区, 冲洗液的选择与性能评价面临诸多挑战, 如高原冻土地区的气候条件极端, 温度低、氧气稀薄, 对冲洗液的流变性能、抗冻性能以及与冻土水合物的相容性提出了高要求。此外, 高原冻土地区的地质环境复杂, 地下水化学成分多样, 对冲洗液的环境适应性提出更高要求。在该背景下, 深入研究高原冻土水合物钻探冲洗液的选择、作用以及应用技术至关重要。因此, 本文通过对高原冻土水合物钻探冲洗液的深入研究, 不仅可为高原冻土地区天然气水合物资源的开发提供技术支持, 也可可为其他极端环境下的天然气水合物钻探工程提供借鉴和经验。

1 冲洗液在高原冻土水合物钻探中的作用

1.1 保护钻井设备和维持钻井稳定性

在高原冻土水合物钻探中, 冲洗液的作用远不止于简

单的清洁作用, 扮演着保护钻井设备和维持钻井稳定性的重要角色。首先, 考虑到高原冻土地区的极端气候条件和地质环境, 钻井设备在钻探过程中容易受到严峻挑战。气温极低和缺氧的环境使得钻探设备易于冻结和损坏。冲洗液可以在钻探过程中形成一层保护膜, 覆盖在钻头和钻井设备表面, 防止其与环境直接接触, 减少被冻结和损坏的可能性。同时, 冲洗液的润滑性能可降低钻头与岩屑之间的摩擦力, 减缓钻头的磨损程度, 延长钻头的使用寿命。此外, 冲洗液还能够维持钻井的稳定性, 防止钻井过程中的坍塌和事故发生。在高原冻土地区的地下, 冻土层的存在增加了钻井作业的复杂性。冻土的特性使得地层不稳定, 钻井过程中容易发生坍塌和漏失泥浆的情况, 合适的冲洗液可以在钻进过程中及时将岩屑和钻屑携带出井口, 保持钻孔的清洁, 防止钻孔塌陷。此外, 冲洗液的稳定性和黏度可以保持钻孔的形状和稳定性, 防止钻井过程中的侧漏和塌方, 确保钻井的安全性和稳定性。

1.2 促进钻进速度和提高钻井效率

在高原冻土水合物钻探中, 冲洗液不仅在保护钻井设备和维持钻井稳定性方面发挥着重要作用, 同时也扮演促进钻进速度和提高钻井效率的关键角色^[2]。首先, 冲洗液作为一种润滑剂, 在钻进过程中可以降低钻头与岩屑之间的摩擦力, 从而减少钻头的磨损程度。高原冻土地区的地

质条件复杂,地层岩石硬度较高,钻头容易因摩擦而磨损严重。选择合适的冲洗液配方可以有效减少这种摩擦,降低钻头的磨损速度,进而提高钻进速度,对于钻井作业的效率至关重要,因为提高钻进速度可以缩短钻井周期,降低钻井成本,从而提高钻井效率。其次,钻探过程中,岩屑和钻屑会不断产生,堵塞钻头和钻孔,影响钻进效率。合适的冲洗液配方可以有效地携带这些岩屑和钻屑,及时清洗钻孔,保持钻头的畅通。这样不仅可以减少钻头被卡住的情况,还可降低钻进阻力,提高钻进速度,高原冻土水合物钻探中,选择适合的冲洗液配方并充分发挥其清洁作用,可以显著提高钻进速度,从而提高钻井效率。另外,冲洗液还能够在钻进过程中起到冷却的作用,有助于提高钻井效率。高原冻土地区的气候条件极端,钻探设备容易受到高温和磨损的影响。合适的冲洗液配方可降低钻头和钻井设备的温度,减缓设备的磨损速度,保护钻头和钻井设备,通过降低温度,冲洗液还可以改善钻进过程中钻头和岩石的相互作用,提高钻进效率。

1.3 保证钻孔质量和水合物资源勘探成功

首先,冲洗液的选择直接影响着钻孔的质量和稳定性。在高原冻土地区进行钻探作业时,地质条件复杂,地下冻土层的存在增加了钻井作业的复杂性。如果选择不当的冲洗液,会导致钻孔的不稳定性,甚至引发钻井事故,影响钻探工作的顺利进行,选用适合的冲洗液配方至关重要,应该具有良好的黏度和稳定性,能够在钻进过程中有效地保持钻孔的形状和稳定性,防止井壁坍塌和泥浆漏失,从而保证钻孔的质量。其次,冲洗液的性能直接影响着水合物资源的勘探和开发效果。水合物是一种重要的天然气资源,具有丰富的储量和潜在的开发价值。然而,水合物的勘探和开发过程非常复杂,需要进行大量的钻探工作和样品分析。在这个过程中,合适的冲洗液配方可以保持钻孔的清洁,避免样品受到污染或变质,确保水合物资源的勘探过程顺利进行,提高开发成功的概率。另外,冲洗液还能够保护钻井设备,减少由于环境条件造成的损坏,从而间接保障了钻孔质量和水合物资源的勘探成功。在高原冻土地区的极端气候条件下,钻探设备容易受到冻结和损坏的影响,冲洗液可以形成一层保护膜,覆盖在钻头和钻井设备表面,减少被冻结和损坏的可能性,保护钻探设备的完好性,确保钻探作业的顺利进行。

2 高原冻土水合物钻探冲洗液选择

2.1 冲洗液的相对密度

高原冻土水合物钻探中,冲洗液的相对密度,对钻井作业的安全性、效率以及钻孔质量都具有重要影响。冲洗液的相对密度通常是指其密度与水密度的比值,通常以 g/cm^3 或 kg/m^3 为单位表示。

冲洗液的相对密度直接影响着钻井液的压裂防治能力^[3]。在高原冻土地区进行钻探作业时,地层常常具有较

高的地层压力,特别是在钻进深度增加的情况下,地层压力会进一步增大。为了防止地层岩石因过高的钻井液压力而发生压裂,需要选择相对密度适当的冲洗液。如果冲洗液的相对密度过大,导致钻井液的密度过高,增加地层压力,从而增加了地层岩石发生压裂的风险;反之,冲洗液的相对密度过小,无法提供足够的压力支撑,导致井壁坍塌或者泥浆漏失。因此,选择合适的冲洗液相对密度可以有效防止地层压裂,保护钻孔的完整性和稳定性。

在钻探过程中,冲洗液不仅要清洁钻孔,还要携带岩屑和钻屑到井口,以保持钻头的畅通。合适的冲洗液相对密度可以确保冲洗液具有足够的悬浮能力,能够有效地携带岩屑和钻屑,防止它们在钻孔中沉积和堆积,从而保持钻孔的清洁和畅通,提高钻进效率。如果冲洗液的相对密度过小,可导致悬浮能力不足,无法有效携带岩屑和钻屑,增加了钻进阻力和钻头磨损;而如果相对密度过大,可能会使冲洗液过于稠密,增加了钻进阻力,降低了钻进速度。此外,高原冻土地区进行钻探作业时,由于地层压力较大,需要对钻井液的密度进行精确控制,以维持井内压力在安全范围内。选择合适的冲洗液相对密度可以确保钻井液的密度在预期范围内,有效控制井内压力,避免井喷和其他安全事故的发生。

2.2 冲洗液的护壁性

护壁性指的是冲洗液在钻进过程中形成的一层保护膜,能够覆盖在钻孔壁表面,防止地层岩石的破坏和塌方,从而保护钻孔的完整性和稳定性。首先,冲洗液的护壁性可以有效防止地层岩石的溶解和侵蚀。在高原冻土水合物钻探过程中,钻进液中的化学成分和pH值会对地层岩石产生腐蚀作用,导致岩石溶解和侵蚀,进而影响钻孔的稳定性和完整性。选择具有良好护壁性的冲洗液可以形成一层保护膜,覆盖在钻孔壁表面,有效防止钻进液与地层岩石直接接触,减少地层岩石的溶解和侵蚀,从而保护钻孔的完整性和稳定性。其次,冲洗液的护壁性可降低钻进过程中的摩擦力,减少钻头和钻孔壁之间的摩擦损耗。在高原冻土地区进行钻探作业时,由于地层岩石的硬度较高,钻头容易受到严重的摩擦损耗,影响钻进效率和钻头的使用寿命,合适的冲洗液护壁性可在钻进过程中形成一层润滑保护膜,减少钻头与钻孔壁之间的摩擦力,降低钻头的磨损程度,延长钻头的使用寿命,提高钻进效率。最后,冲洗液的护壁性还可防止钻进液渗透到地层岩石中,导致钻孔壁的软化和塌方。在高原冻土地区进行钻探作业时,地层岩石具有一定的渗透性,如果钻进液渗透到地层岩石中,会导致地层岩石的软化和塌方,进而影响钻孔的稳定性和完整性。选择具有良好护壁性的冲洗液可以形成一层密封保护膜,有效阻止钻进液渗透到地层岩石中,保护钻孔的完整性和稳定性,确保钻探作业的顺利进行。

2.3 冲洗液的流变性

流变性指的是冲洗液在受力作用下的变形和流动性能,通常用来描述其黏度、流动性和剪切性等特性^[4]。首先,冲洗液的黏度是流变性的重要指标,直接影响着其在钻孔中的流动性和悬浮能力。在高原冻土地区进行钻探作业时,地层岩石的硬度较高,钻头容易受到严重的摩擦损耗,因此需要选择具有适当黏度的冲洗液,以提供足够的润滑和悬浮能力,减少钻头与岩石之间的摩擦,保护钻头和钻孔的完整性。其次,冲洗液的流变性还关系到其在钻进过程中的泵送性能和泥浆循环效率。在高原冻土地区进行钻探作业时,通常需要通过泵送设备将冲洗液从地面输送到钻孔底部,再通过钻杆循环将岩屑和钻屑带回地面。选择具有适当流变性的冲洗液可以确保其在钻杆循环过程中能够保持稳定的流动性,不会发生过大的流动阻力,保证钻杆循环的顺利进行,提高钻进效率。此外,流变性良好的冲洗液还能够减少泥浆循环过程中的能量损失,降低钻井作业的能耗,节约能源成本。最后,冲洗液的剪切性也是流变性的重要指标,直接影响在钻孔中的分散性和悬浮能力。在高原冻土地区进行钻探作业时,地层岩石的硬度较高,钻头容易受到严重的摩擦损耗,需选择具有适当剪切性的冲洗液,以提供足够的剪切力,有效地将岩屑和钻屑分散悬浮在冲洗液中,防止其在钻孔中沉积和堆积,保持钻孔的清洁和畅通,提高钻进效率。

3 冻土水合物钻探对冲洗液的技术要求

3.1 抗冻性和抗结晶性

抗冻性和抗结晶性指的是冲洗液在极端低温环境下能够保持流动性和功能的能力,以避免在钻探过程中出现冻结、结晶或凝固的情况,从而保障钻探设备的正常运行和作业的连续进行。第一,抗冻性是指冲洗液在极端低温条件下不易结冰或凝固的性能。冻土水合物钻探作业中,常常面临着极寒的气候环境,地下水温低于冰点,因此冲洗液容易受到冻结的影响。如果冲洗液在钻探过程中结冰,会导致钻头堵塞、钻杆被困甚至设备损坏,严重影响钻探作业的进行。第二,抗结晶性是指冲洗液在极端低温条件下不易发生结晶或沉淀的能力。在高原冻土地区进行钻探作业时,地层中的水分常常会结晶或沉淀,形成固态物质,如果冲洗液中存在易结晶的成分,可能会加速结晶或沉淀的过程,导致钻孔被堵塞,影响钻探作业的进行。冲洗液需要具备良好的抗结晶性,能够防止其中的成分在

极端低温条件下发生结晶或沉淀,保持冲洗液的流动性和功能,确保钻探作业的连续进行。

3.2 环保性和可降解性

冻土水合物钻探对冲洗液的环保性和可降解性提出了重要的技术要求,主要是因为钻探过程中使用的大量冲洗液可能对环境产生负面影响,冲洗液需要在尽可能减少对环境的污染的同时,能够在废弃后自然降解,以确保钻探作业的可持续性和环境保护。其一,环保性是指冲洗液在使用过程中对环境不会造成污染或危害。在冻土水合物钻探中,冲洗液包含各种化学成分,如果这些成分具有毒性或对环境有害,可能会对周围的土壤、水体和生物造成污染和破坏。冲洗液的配方需要选择环保、无毒的成分,并确保在使用过程中不会对周围环境产生负面影响。其二,在冻土水合物钻探中,大量的冲洗液需要被排放或处理,如果冲洗液不能够有效降解,会在环境中积累并对生态系统产生负面影响,冲洗液需要具备良好的可降解性,能够在排放或处理后迅速分解为无害物质,并且不会留存或积累在环境中,可通过选择可生物降解的成分或者加入降解助剂来实现,以确保冲洗液在废弃后对环境的影响最小化。

4 结束语

冻土水合物钻探冲洗液直接关系到钻探作业的顺利进行和水合物资源的勘探成功。通过确保冲洗液在极端低温条件下的流动性和功能,减少对环境的污染,以及适应不同地质条件和保持稳定性,才能为钻探作业提供可靠的技术保障,促进水合物资源的有效勘探与开发,实现能源可持续发展的目标。

【参考文献】

- [1] 张金华,樊波,刘瑞江. 天然气水合物钻探现状与钻井技术[J]. 科学技术与工程, 2020, 20(35): 14343-14351.
 - [2] 刘大军. 冻土带天然气水合物科学钻探参数检测系统研究[D]. 长春: 吉林大学, 2013.
 - [3] 张永勤,孙建华,赵海涛,等. 高原冻土水合物钻探冲洗液的研究[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2007(9): 16-19.
 - [4] 王胜. 高原冻土天然气水合物钻探泥浆体系研究[D]. 成都: 成都理工大学, 2007.
- 作者简介: 杨新江(1982.6—), 毕业院校: 长安大学; 所学专业: 资源勘查工程; 当前就职单位: 新疆维吾尔自治区地质矿产勘查开发局第八地质质大队; 职务: 钻探工程部部长; 职称级别: 探矿工程副高级工程师。