

煤田地质钻探中钻孔漏失及堵漏问题探究

韩 肖

山西省煤炭地质一一五勘查院有限公司 山西 大同 037003

摘 要：煤田地质钻探常遇钻孔漏失难题，严重影响施工进度与成本。本文深入剖析钻孔漏失的定义、分类、影响及其成因，涵盖主观因素如操作失误、设备选择不当，及客观因素如复杂地层、水文地质条件等。进而探讨多种堵漏策略，包括材料堵漏、技术堵漏与物理隔离法，并详细介绍实施步骤与注意事项。为预防钻孔漏失，本文还提出从优化钻探工艺、加强地质勘察、合理选用钻井液等方面入手的预防措施，以确保钻探作业高效安全进行。

关键词：煤田地质钻探；钻孔漏失；堵漏问题

引言：在煤田地质钻探过程中，钻孔漏失是制约勘探效率与安全的关键因素。其不仅延长了施工周期，增加了成本，还严重威胁到孔壁稳定与钻具安全。因此，深入研究钻孔漏失的成因、分类及其影响，并探索有效的堵漏策略，对于提升钻探技术水平和保障煤田勘探质量具有重要意义。本文旨在综合分析钻孔漏失问题，并提出针对性预防措施，以期为煤田地质钻探实践提供科学依据和技术指导。

1 煤田地质钻探中钻孔漏失现象及其影响

1.1 钻孔漏失的定义及分类

在煤田地质钻探过程中，钻孔漏失是一种常见且棘手的问题，它指的是钻孔壁与孔内介质（主要是钻井液或水）之间失去密封性，导致介质向地层中不正常流失的现象。钻孔漏失可以根据其形成机理和表现形式进行分类，主要包括以下几类：（1）渗透性漏失。这类漏失多发生在孔隙度大、渗透率高的地层中。由于地层岩石的孔隙结构允许钻井液中的水分或固体颗粒渗透进入地层，造成钻孔内液面下降或压力降低。渗透性漏失的程度与地层的孔隙度和渗透率直接相关，是影响钻孔稳定性和钻进效率的重要因素。（2）裂隙性漏失。在煤田地质构造复杂的区域，地层中常发育有大量的裂隙和断层。这些裂隙为钻井液提供了快速的流失通道，导致钻孔漏失量大幅增加。裂隙性漏失不仅难以预测和控制，还可能对钻孔壁的稳定性造成严重影响，甚至引发坍塌事故。（3）其他类型漏失。除了上述两种主要类型外，钻孔漏失还可能由多种因素引起，如注水过程不当导致的水压过大、施工技术缺陷造成的孔壁破坏等。这些类型的漏失虽然相对较少见，但同样会对钻探工作带来不利影响。

1.2 钻孔漏失的影响

钻孔漏失对煤田地质钻探工作的影响是多方面的，

主要包括以下几个方面：（1）对施工工期和成本的影响。钻孔漏失会导致钻探进度受阻，甚至需要停机处理。长时间的漏失不仅延长了钻探周期，还增加了人工和材料成本。为了堵漏和恢复钻孔稳定，还需要投入大量的时间和资金。（2）对钻具安全和钻孔稳定性的影响。钻孔漏失严重时，钻井液可能无法有效支撑和保护孔壁，导致孔壁坍塌或钻孔偏斜。这不仅会损坏钻具和设备，还可能引发安全事故。同时，孔壁的不稳定也会影响钻探数据的准确性和可靠性^[1]。（3）极端情况下的钻孔报废及经济损失。在极端情况下，如果钻孔漏失得不到有效控制，可能导致整个钻孔报废。这不仅浪费了前期投入的大量人力、物力和财力，还可能对后续的煤田开发工作造成重大影响。此外，钻孔报废还可能带来环境污染等社会问题，进一步加剧了经济损失的严重程度。因此，针对煤田地质钻探中的钻孔漏失问题，必须采取有效的预防和控制措施，以确保钻探工作的顺利进行和钻探质量的可靠保障。

2 煤田地质钻探中钻孔漏失的常见原因

2.1 主观原因

主观原因主要是指在钻探过程中，由于人为决策、操作不当或设备选择失误等原因导致的钻孔漏失。（1）冲洗液、钻头、冲洗方法的选择不当：冲洗液作为钻孔内的重要介质，其性能直接关系到孔壁的稳定性。若选择的冲洗液性能与地层特性不匹配，如粘度、密度、失水量等参数设置不当，就会导致冲洗液无法有效护壁，从而引发漏失。同样，钻头类型及其磨损程度也至关重要。不合适的钻头形状、材质或过度磨损都可能破坏孔壁结构，加剧漏失。此外，冲洗方法的选择也是影响钻孔稳定性的关键因素之一。不恰当的冲洗方式可能加剧孔壁冲刷，破坏孔壁稳定性。（2）钻进速度和钻压控制不准确：钻进速度和钻压是钻探过程中的两个重要控制

参数。过高的钻进速度或钻压可能导致钻具对孔壁的冲击力过大,破坏孔壁结构,形成裂隙或扩大原有裂隙,从而引发漏失。反之,若钻进速度过慢或钻压不足,则可能降低钻进效率,增加钻具与孔壁的摩擦,进而也可能影响孔壁的稳定性。(3)操作过程中的失误:钻探作业是一项对操作技能要求极高的工作。操作过程中的任何失误,如接单根时操作不熟练导致泥浆喷失、起下钻时速度过快造成孔壁坍塌、泥浆循环系统维护不善导致泥浆性能下降等,都可能直接或间接地引发钻孔漏失。

2.2 客观原因

客观原因则主要涉及地质条件和水文地质条件等自然因素。(1)地层特性:地层中的岩石类型、孔隙结构、溶隙性以及含水情况等都是影响钻孔稳定性的重要因素。例如,孔隙度大、渗透率高的岩层容易发生渗透性漏失;富含裂隙或溶隙的岩层则容易发生裂隙性漏失;含水丰富的地层在钻进过程中可能因水流的冲刷作用而加剧漏失。(2)水文地质条件:地下水压力、流动方向以及与其他水体的水力联系等也是导致钻孔漏失的重要原因。地下水压力过高会对钻孔壁产生强大的推力,破坏孔壁结构;地下水流动方向的改变则可能引导流体沿裂隙或孔隙侵入钻孔内部。(3)地质构造复杂性:煤田地区的地质构造往往复杂多变,断层、裂隙发育带等地质构造的存在使得地层在水平和垂直方向上的非均质性增强。这种非均质性不仅增加了钻进的难度,还使得钻孔在钻进过程中更容易受到地质因素的影响而发生漏失^[2]。

2.3 综合因素分析

在探讨钻孔漏失的原因时,还需要从综合角度来分析钻孔内压力与地层压力的平衡关系以及钻井液液柱压力与地层流体压力的对比关系。(1)钻孔内压力与地层压力的平衡关系。在钻探过程中,钻孔内充满了钻井液,其液柱压力与地层压力之间需要维持一种动态平衡。如果钻孔内的压力小于地层压力,特别是在裂隙、溶洞或高渗透性地层中,地层流体(如水、油、气等)将会受压力差驱动而侵入钻孔,导致漏失现象的发生。相反,如果钻孔内压力过高,则可能引发井喷事故,同样对钻探作业造成不利影响。因此,维持钻孔内压力与地层压力的平衡是防止钻孔漏失的关键。(2)钻井液液柱压力与地层流体压力的对比。钻井液液柱压力是由钻井液的密度和钻孔深度共同决定的,而地层流体压力则受地下水位、地层压力系统等多种因素影响。在钻探过程中,必须密切关注钻井液液柱压力与地层流体压力之间的对比关系。如果钻井液液柱压力不足以平衡地层流

体压力,就需要通过调整钻井液密度、添加加重剂或改变钻井液配方等措施来提高液柱压力,以增强孔壁的稳定性。反之,如果钻井液液柱压力过高,也需要适当降低以避免井喷风险。

3 煤田地质钻探中钻孔漏失的堵漏策略

3.1 堵漏方法分类

钻孔漏失的堵漏方法可根据其基本原理和操作方式分为三大类:材料堵漏法、技术堵漏法和物理隔离法。

(1)材料堵漏法。材料堵漏法是通过向钻孔内注入或填充特定材料,形成封堵层来阻止地层流体继续漏失的方法。这种方法具有操作简便、成本相对较低的特点,广泛应用于各种漏失情况的初步处理。常见的材料堵漏法包括水泥堵漏和钻井液堵漏。(2)技术堵漏法。技术堵漏法则侧重于利用特定的技术手段,通过改变钻井液或地层的物理、化学性质来增强封堵效果。这类方法需要较高的技术水平和设备支持,但能够提供更持久、更彻底的堵漏效果。技术堵漏法主要包括增阻堵漏技术和注浆固结技术。(3)物理隔离法。物理隔离法通过下入套管等物理屏障,将漏失层位与钻孔其他部分隔离开来,从而彻底阻止地层流体的漏失。这种方法简单直接,尤其适用于处理严重或难以控制的漏失情况。

3.2 材料堵漏法详解

(1)水泥堵漏。水泥堵漏是材料堵漏法中应用最广泛的方法之一。在选择水泥时,应优先考虑快干水泥,因其凝结时间短、早期强度高的特点而适合紧急堵漏作业。同时,为加速水泥凝结过程,可适量添加速凝剂。在使用水泥进行堵漏时,需严格控制水泥浆的配比、稠度和注入速度,以确保水泥浆能够充分渗透漏失通道并形成坚固的封堵层。此外,还需注意水泥浆与地层流体的相容性,避免发生化学反应导致封堵失败^[3]。(2)钻井液堵漏。钻井液堵漏是通过调整钻井液的配方和性能来增强封堵效果的方法。常用的钻井液堵漏材料包括石灰乳泥浆、胶冻泥浆和聚丙烯酰胺絮凝浆液等。石灰乳泥浆适用于碱性地层,能与地层矿物反应生成封堵层;胶冻泥浆具有良好的粘度和流动性,能够有效填充裂隙并固化形成封堵层;聚丙烯酰胺絮凝浆液则通过絮凝作用将微小颗粒凝聚成较大团块,提高钻井液的封堵能力。在选择和使用钻井液堵漏材料时,需根据漏失类型和地层条件进行合理搭配和优化组合。

3.3 技术堵漏法详解

(1)增阻堵漏技术。增阻堵漏技术通过提高钻井液的粘度和切力来增加流动阻力,从而减缓或阻止地层流体的侵入。常用的增阻堵漏材料包括稠泥浆、高黏高切

泥浆和惰性充填材料泥浆等。这些材料能够在钻孔内形成一层具有一定强度和韧性的封堵层，有效阻止漏失的发生。在实施增阻堵漏技术时，需根据漏失程度和地层条件选择合适的泥浆类型和配比，并调整钻井参数以优化封堵效果。（2）注浆固结技术。注浆固结技术是一种更为彻底的堵漏方法。它通过向钻孔内或地层中注入特定浆液（如水泥浆液、合成树脂浆液等），使浆液在漏失通道内扩散、凝固并固结，从而永久性地封堵漏失通道。水泥浆液因其成本低、强度高而被广泛应用；而合成树脂浆液则具有固化速度快、抗渗性能强的特点，适用于复杂地层和紧急堵漏作业。在实施注浆固结技术时，需严格控制注浆压力、注浆量和注浆速度等参数，确保浆液能够充分渗透并有效固结漏失通道^[4]。

3.4 物理隔离法：套管隔离漏失层位的原理与实施步骤

套管隔离漏失层位的原理在于利用套管作为物理屏障，将漏失层位与钻孔其他部分隔离开来。套管与孔壁之间的密封作用阻止了地层流体通过漏失通道继续漏失。同时，套管本身也具有一定的强度和刚度，能够承受地层压力和钻井作业中的各种应力。实施步骤：（1）准备阶段：首先，对钻孔进行彻底清洗和扩孔处理，确保套管能够顺利下入并紧密贴合孔壁。同时，根据漏失层位的位置和深度选择合适的套管规格和长度。此外，还需准备相应的套管下入工具、密封材料以及注浆设备等。（2）下入套管：在准备工作完成后，使用专用的套管下入工具（如下套管器）将套管缓慢而稳定地下入钻孔中。在下入过程中，需确保套管垂直度良好，避免与孔壁发生摩擦或碰撞导致损坏。同时，要密切关注下入阻力和深度变化，确保套管准确穿越漏失层位并达到预定位置。（3）密封处理：套管到达预定位置后，需立即进行密封处理以防止地层流体通过套管与孔壁之间的间隙继续漏失。这通常通过在套管与孔壁之间的环形空间注入密封材料来实现。密封材料的选择应基于地层特性、钻井液性能和预期的封堵效果。常用的密封材料包括水泥浆、树脂等。在注入密封材料时，需控制注浆压力和注浆量，确保密封材料能够充分渗透并紧密贴合

套管和孔壁，形成有效的密封层。（4）固井作业：为确保套管与地层之间的长期稳定性和密封性，还需进行固井作业。固井作业包括在套管外部注入固井水泥浆，并在一定时间内等待水泥浆固化。固井水泥浆需具备良好的流动性和早期强度，以确保其能够迅速固化并支撑套管。在固井过程中，需密切监测水泥浆的流动情况，防止其进入地层裂缝或裂隙中导致固井失败。固井完成后，需进行质量检测，如声波测井等，以评估固井效果。（5）后续监测与维护：完成套管隔离和固井作业后，需对钻孔进行后续监测以评估堵漏效果。监测内容可包括钻孔内压力变化、流体流动情况以及套管周围地层的稳定性等。如发现堵漏效果不理想或存在新的漏失点，需及时采取措施进行补充处理。此外，定期维护套管和钻孔也是确保其长期稳定运行的重要措施。维护内容可包括检查套管完整性、清理钻孔内沉积物以及补充或更换密封材料等。

结束语

煤田地质钻探中的钻孔漏失问题，深刻影响了勘探效率与安全性，但通过本文的系统探究，我们对其成因、分类及应对策略有了全面认识。堵漏技术的发展为解决这一难题提供了有力支持，但仍需不断突破，以应对更复杂多变的地质条件。展望未来，我们应强化技术创新与应用，深化对漏失机理的研究，提高堵漏的精度与效率。同时，加强行业交流，促进信息共享与经验借鉴，共同推动煤田地质钻探技术的进步，为煤炭资源的安全、高效勘探贡献力量。

参考文献

- [1]王博.煤田地质钻探中钻孔漏失及堵漏问题分析[J].中国新技术新产品,2019(04):50-51.
- [2]闻家俊.煤田地质钻探中钻孔漏失与堵漏情况分析[J].科技风,2019(21):135-136.
- [3]牛彦杰.煤田地质钻探中钻孔漏失与堵漏情况探讨[J].内蒙古煤炭经济,2019(20):56-57.
- [4]李宏.福建煤田复杂钻孔漏失治理的实践与探讨[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2020,39(11):71-72.