

## 钻探施工中坍塌与缩径地层的处理

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] 钻探技术作为地质、矿产资源勘探的重要工具, 在能源开发、科学研究以及环境保护领域都有着广泛的应用。但在具体的钻探作业过程中, 会遇到多种复杂地层, 例如具有塌陷风险和收缩趋势的地层, 这些都直接威胁到钻探工程的顺利完成。如何有效地解决这些问题已成为钻探工作中一个亟待攻克的技术难关。文章旨在探索与分析坍塌及缩径地层在钻探中的形成机制, 并提供几种有效且可行的方法来克服这些问题。

[关键词] 钻探施工; 坍塌; 缩径地层; 处理

DOI: 10.33142/ucp.v1i5.14457

中图分类号: P634.5

文献标识码: A

### Treatment of Collapsed and Reductionist Stratum during Drilling Construction

YANG Xinjiang

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

**Abstract:** Drilling technology, as an important tool for geological and mineral resource exploration, has a wide range of applications in energy development, scientific research, and environmental protection. However, in the specific drilling operation process, various complex formations will be encountered, such as formations with collapse risks and shrinkage trends, which will directly threaten the smooth completion of the drilling project. How to effectively solve these problems has become an urgent technical challenge in drilling work. The article aims to explore and analyze the formation mechanism of collapsed and reduced diameter formations during drilling, and provide several effective and feasible methods to overcome these problems.

**Keywords:** drilling construction; collapse; reductionist stratum; treatment

#### 引言

在钻探施工中, 遇到地层坍塌和缩径问题是常见的挑战。这两种情况都会严重影响钻探施工的效率, 严重时可能威胁到工人的安全。因此, 了解和掌握如何处理这些问题是至关重要的。本文将介绍这些问题的特点, 分析可能的原因, 并给出有效的处理方法。

#### 1 地层坍塌的处理

##### 1.1 地层坍塌的特点和原因

地层坍塌通常是钻探工程中最常见的问题之一, 其成因复杂且后果严重。具体而言, 坍塌主要归结于不稳定的地层结构和不恰当的施工方式两个方面。首先, 在施工前期的勘测中, 未能精确掌握地质数据是导致坍塌的首要因素。例如, 一些区域可能存在断层、夹石或裂缝等复杂地层, 如果没有及时识别与分析, 就有可能在后续施工过程中因为这些薄弱地层的认识不足而出现地层不稳定现象。因此, 在钻井作业开始之前, 通过使用三维勘探技术和地质模型等手段, 尽可能详实地了解地下结构, 可以大幅度降低坍塌风险<sup>[1]</sup>。另一方面, 施工过程中若不注意细节, 同样会造成严重的安全隐患。这不仅包括选材不合理, 还涵盖了机械设备选择不当、操作技能缺乏、施工方法不正确等多方面因素。比如, 在泥浆泵工作时, 如果无法合理地选择泥浆泵的流量、流速, 就极易形成冲刷作用, 破

坏已成井段的稳定性。此外, 对于特殊类型的钻具(例如牙轮钻头或PDC钻头), 如果不严格按照制造商的要求正确设置转速、钻压、排渣量等关键工艺参数, 可能会加速钻进速度, 进而引起地层坍塌事故的发生。再如, 使用水泥套管或泥浆时必须充分考量与实际井底环境的兼容性及其封固性能, 一旦配置失当就可能导致地层应力不平衡, 最终引发塌陷。

此外, 预防性维护也是必不可少的一环。机械设备作为施工活动的主要工具, 其性能稳定性和可靠性直接影响了工作的顺利程度。因此, 在正式开工之前应做好全面检查, 确保各个部件处于最佳状态, 并且按照制造商的推荐频率定期更换或升级零部件, 尤其是那些关键性的密封圈等易耗件, 这样才能避免因机械老化引发的问题波及钻进过程中的地层稳定性。另外, 还要强化作业人员的应急反应能力, 使其能够熟练地使用防喷装置及其他安全设施, 在遭遇坍塌征兆时迅速做出处理, 尽可能减轻潜在危害带来的冲击。通过这些综合措施, 能大幅提高钻探现场的风险防控能力。坍塌通常表现为钻探作业时钻探区域地层的不稳定、井眼内岩粉堆积过快甚至堵塞, 有时会出现地面下陷、泥浆液面下降等间接反映井下地层压力分布异常的现象。这种情况不仅会导致钻探效率的降低, 更重要的是增加了施工人员的危险性和设备损坏的概率。尤其是在极

端复杂的地质条件下，如流沙或软土层中进行深井施工，即使采用了最先进的监测和防护技术，仍可能发生不可预知的情况，使施工难度陡增并威胁作业者的生命财产安全。因此，在这种高危工况下除了采取更加严密的保护措施以外，还需要结合最新的科学技术，比如智能传感器来实时检测地层状况并作出快速响应，以最大程度地保障钻探工程的安全与成功率<sup>[2]</sup>。

## 1.2 处理方法

一旦在钻探工程过程中遇到地面或井筒结构出现明显坍塌的征兆时，应立即终止正在进行的作业，并着手进行仔细的坍塌成因调查与分析。此步骤对于准确地制定修复策略至关重要。在评估现场条件的基础上，工程师可能会决定实施各种补救方法。其中包括注浆法——向潜在的破裂或裂缝区域注入特制的浆液。通过这一过程，可以在不稳定的地层内形成一层坚固的凝固体，以达到巩固支撑的效果。此外，为了更有效地解决此类工程问题，还可以考虑采用设置护壁套管等机械支撑手段。该策略适用于地层稳定性较差且塌陷程度较为严峻的情况，通过预置刚性强、耐腐蚀且具有一定韧性的护壁材料来保护钻探孔道及周边环境。这种方法不仅能有效控制地质坍塌对钻井设备及其操作造成的直接损伤和威胁，同时也可在较大程度上确保现场施工人员的安全。

在采取相应的技术性对策时，我们必须始终牢记对整个工程系统的稳定性和安全进行考量。这就要求施工团队要确保用于固定支撑的设备与工具具备充足的刚性和承载能力，并在操作期间密切关注各项参数指标。此外，在加固工程完成后应开展严格的检测工作，包括对已注入的混凝土固化状况以及护壁套管的实际支撑效果做出客观评价，从而确保所制定方案的有效执行以及钻探工程的整体进度安排得到切实保障。除了应对实际工程中的问题，还需要特别注意保持现有钻具装置的运行正常与结构完整。在任何情况下都不可轻视这一环节，以最大限度地减少坍塌引发的额外设备损害风险。为此，建议采取一系列针对性措施：定期维护检查设备设施并记录其使用状态，及时更换老化零件及易损部件；严格按程序操控机械设备，防止不当的操作行为加剧潜在隐患的发展；采取必要措施预防孔内抽吸作用造成的坍塌；加大施工现场监控力度，通过科学手段监测环境变化以提前做好预防和应急预案<sup>[3]</sup>。

## 2 缩径地层的处理

### 2.1 缩径地层的特点和原因

缩径地层是一种特殊且常见的地质条件，在这种情况下，钻孔直径往往比设计直径要小，主要是因为某些地层物质在接触水分之后会发生物理性质的改变，例如软黏土、泥岩等具有较强的遇水膨胀特性，进而导致钻孔孔径收缩，形成缩径现象。这类地质问题会对钻探过程构成巨大挑战，轻则引起施工困难和进度延缓，重则可能迫使项目被迫中

止，因此必须采取相应的技术对策予以解决。钻探进入存在缩径可能性的地质区域时，需预先制定合理的钻井方案和钻具配备方案。在正式施工之前，通过对已有钻井资料和地质调查结果的研究分析，对可能出现的问题做出全面预见，并采取适当措施预防和规避潜在风险。如果预期钻孔可能遇到容易遇水胀大的软土层或泥岩地层，可以选择专门用于软地层的硬质合金刀具或其他防卡式钻头，以确保切割力与自洗式排水功能的有机结合。同时，在钻头的设计和选择上需着重关注耐磨性能，以延长钻头寿命并减少停机维护时间。而在实际施工中一旦发现出现异常信号，如转速突然下降或扭矩显著增加，就说明可能存在缩径风险，则应马上调整施工方式和技术参数<sup>[4]</sup>。

为最大程度降低缩径所带来的负面影响，在工程实施的过程中还应密切监测钻头状态以及施工效率，以便及时应对可能出现的任何问题。特别是在缩径现象已经显现时，更要加强对钻孔直径变化的实时监控与数据反馈工作。利用现代监测技术，诸如地质雷达或者高精度的激光测径仪器可以精准捕捉孔壁变化，并提供准确的信息用于调整后续的工作方向。针对钻探设备本身，在钻井作业中必须坚持严格的保养规程，以防因故障引发停工问题，进而影响整体项目的进展速度。同时，在完成某一阶段施工后需要立即组织专门的技术队伍进行细致的质量验收，以确保所有工艺参数符合标准并且达到预期的设计要求，并为下一阶段提供必要的支持与基础。

### 2.2 处理方法

缩径地层对地质岩芯钻探作业构成了极大的挑战，其主要原因在于地层中含有的特定土质，如泥岩和软黏土遇水后发生的膨胀现象。该现象加剧了施工过程中的复杂性，并常常导致需要暂停作业的情况发生。为此，我们须采取多样化的专业措施，有效应对这些问题，保持施工进度和安全。调整钻探技术及施工工艺可以有效提升岩芯获取质量和钻头耐用度。例如，可选用适合于泥岩等容易膨胀地层特点的技术，比如采用更稳定的钻井速度和更低的冲击力度，这样有助于减少岩石碎片对钻具造成的磨损，同时也降低因高速钻进而导致岩石过早裂开的风险，确保钻探过程中岩石样本的完整性。在调整施工工艺时，需特别注意控制钻进速度和使用恰当钻井液的重要性，这对于减缓土体吸水后发生的体积变化十分关键。通过合理调整这些参数，可以在很大程度上缓解地层膨胀对孔壁稳定性的不良影响，从而保证后续作业的质量。

注浆加固法涉及到将一定比例的砂浆或水泥浆注入岩芯钻周边的地质缝隙之中，利用这些材料硬化后所产生的机械支撑力来稳固整个地层结构。通过这种形式的加固措施，能够大大增强钻孔周围松散土壤或黏土的固结性能，并降低孔径收缩风险，为施工提供了更强有力的支持。同时，在进行水泥加固的过程中还需考虑环境因素的变化

(如温湿度、水力条件等因素),因为这直接影响加固效果。正确配置水泥砂浆比,并精确调控灌入压力,是保证该环节取得成功的关键。

在实际应用中,工程师可以根据地质情况和个人实践经验选取不同类型的钢环或其他材料作为护筒来加强钻井过程的安全性,从而达到避免孔壁塌陷的目的。通过这种方式可以显著提升工作面周边土体强度及整体抗坍塌性能,进而确保整个钻探过程顺利进行。值得注意的是,不同护壁技术适用于不同的工况,需仔细对比分析之后再做出决策。

综上所述,为适应并战胜这类地层所带来的种种挑战,从改进钻井技术和方法入手至完善后续注浆操作再到护筒的选择与安置,各阶段均不可忽视科学化规划和精准施工操作的要求,从而确保工程质量和工作效率同步推进。针对具体的地质条件和钻具选择以及相应的参数组合至关重要,在此过程中还需密切跟踪环境动态并灵活应变,方能达到理想效果,确保项目的顺利完成<sup>[5]</sup>。

### 3 面对坍塌地层的具体措施

在钻探施工之前,必须进行全面的地质勘察。通过这一环节细致地分析各地质层的特点,准确预测可能存在的各类工程问题,为接下来的钻探施工提供可靠的理论依据和技术支持。在此基础上,针对不同性质与结构的地层情况制定出具体可行的专项施工方案,确保每一步操作都能有效应对可能出现的各种问题。合理设计钻孔结构,这是保证孔壁稳定性的关键步骤之一。需根据详细的地质勘察结果,综合考虑地层层理和岩土体强度等因素,在设计阶段科学计算,避免孔壁因应力失衡造成塌陷。同时,要依据实际遇到的不同地质条件选用合适的泥浆体系,因为这不仅可以为孔壁提供必要的保护作用防止其受到钻井液压力的影响而发生剥落或坍塌现象,还可以实现泥浆流动过程中的润滑效果降低机械摩擦力和降温功能保持钻头工作温度在合理的范围之内<sup>[6]</sup>。

面对那些地质结构复杂、存在高概率发生塌陷的地层区域时,应优先选择适当的补强手段以提升这些薄弱点区域的承载能力和稳定性。例如,可以使用向地基灌注水泥浆料来填补孔隙加固土体的技术,又或者采取套管壁后填充注浆的方式形成一个稳定的围挡结构防止地下水或松散颗粒介质的流失。另外,为了更好地适应各种特定的工作任务并提高工作效率与作业安全性,钻探团队还需要不断尝试新的工具技术以及钻进方法从而探索最优施工模

式,同时严格遵守标准化的工艺流程控制参数指标避免人为操作不当引起的故障问题。施工现场的全面安全监管也非常重要,在钻探施工过程中应当建立有效的应急响应机制。制定切实可行的风险预警和事故应对计划以减轻灾害后果;加强对所有相关人员的安全教育培训,确保他们在紧急情况下知道如何做出正确反应并且能够及时利用防护用品减少身体伤害的风险。与此同时要强化设备的维护保养措施定期检验检查潜在的安全隐患并加以排除保证钻井设施在整个施工周期中的良好状态<sup>[7]</sup>。这样,整个项目才能顺利进行,并且能够在预期时间完成预期工作,保证最终工程质量达到要求并满足所有利益相关者的要求与期望。

### 4 结语

地层坍塌和缩径是钻探施工中常见的难题,对钻探施工的影响很大。因此,我们需要了解和掌握这些问题的特点和处理方法。同时,通过地质勘察、选择合适的设备和工艺、遵守操作规程以及定期的设备检查和保养等措施,可以有效地预防这些问题的发生。希望本文的介绍能对钻探施工中的坍塌与缩径地层的处理提供一定的帮助。

#### [参考文献]

- [1]柴潇翔. 矿山地质岩心钻探施工中事故处理与认识[J]. 中国金属通报, 2024(3): 164-166.
- [2]李文成, 周锋, 李堃. 矿山地质钻探施工中多发事故类型和防范措施[J]. 世界有色金属, 2024(1): 199-201.
- [3]孙凯. 小口径岩心钻探钻孔缩径处理研究[J]. 西部资源, 2022(6): 17-18.
- [4]施健雄, 易强忠, 夏清阳. 矿山地质钻探施工中主要发生的事故类型和防范措施[J]. 中国金属通报, 2022(3): 219-221.
- [5]刘忠存, 王琳. 地浸铀矿钻孔缩径卡钻原因分析及解决措施[J]. 现代矿业, 2021, 37(8): 269-271.
- [6]王生军. 矿山钻探施工中的孔内事故处理方式研究[J]. 中国金属通报, 2021(1): 143-144.
- [7]王金明. 钻探工程施工技术工艺研究及注意事项[J]. 工程技术研究, 2020, 5(8): 125-126.

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大队, 职务: 钻探工程部经理, 职称级别: 探矿工程副高级工程师。