

# 旋冲钻井技术在石油钻井中的运用

刘 畅 刘佳奇

中海油能源发展股份有限公司工程技术分公司 天津 300459

**摘 要：**旋冲钻井技术是石油钻井中的一项重要技术，其关键技术包括钻头设计、钻具组合、钻井液技术以及钻井参数优化。钻头设计技术确保了钻头在冲击与旋转作用下的高效破岩；钻具组合技术则通过合理搭配钻具，提高钻井作业的稳定性和效率；钻井液技术保障了井眼的清洁和润滑；钻井参数优化技术则根据地层特性调整参数，以达到最佳钻井效果。旋冲钻井技术在复杂地层、防斜、提速及深井钻井中均有广泛应用，显著提高了钻井作业的效率 and 安全性。

**关键词：**旋冲钻井技术；石油钻井；运用

引言：随着油气资源勘探开发的步伐不断加快，我们面临着越来越复杂多变的地质条件，以及日益增长的钻井需求和挑战。在这样的背景下，旋冲钻井技术凭借其高效破岩、稳定作业、适应性强等多重优势，逐渐在石油钻井行业中崭露头角。这项技术不仅提高了钻井速度，降低了成本，还能够各种复杂地层中保持稳定作业，有效应对各种钻井难题。因此，旋冲钻井技术已成为石油钻井行业的重要选择，为油气资源的勘探开发提供了有力支持。

## 1 旋冲钻井技术的基本原理

旋冲钻井技术的基本原理是基于旋转钻井与冲击钻井的有机结合，旨在通过旋转与冲击的联合作用来提高钻井效率和质量。旋冲钻井技术首先利用旋转钻进的方式，使钻头在钻柱的带动下高速旋转，对井底岩石产生持续的切削和研磨作用。这种旋转钻进方式在常规钻井中已经得到了广泛应用，其优点是钻进过程平稳，能够产生较为均匀的井眼。在钻遇硬岩或深部地层时，单纯的旋转钻进方式往往效率较低，且容易导致钻头磨损严重。为了克服这一缺点，旋冲钻井技术在旋转钻进的基础上增加了一个冲击器装置。冲击器通过动力源的持续作用，对钻头施加高频冲击力，使钻头在旋转的同时承受周期性的冲击载荷<sup>[1]</sup>。这种冲击力与静压的性质不同，它是一种加速度极大的动载荷，能够在极短时间内使岩石应力迅速接近或超过强度极限，从而使岩石性质由塑性向脆性转变。这种转变使得岩石更容易被破碎，从而提高了钻井效率。在旋冲钻井过程中，旋转钻进与冲击钻进相辅相成。旋转钻进提供了稳定的钻进速度和井眼质量，而冲击钻进则通过高频冲击力提高了岩石破碎的速度和效率。同时，冲击力还能够减少钻头的磨损，延长钻头的使用寿命，进一步降低钻井成本。

## 2 旋冲钻井关键技术

### 2.1 钻头设计技术

#### 2.1.1 钻头切削结构设计

在旋冲钻井技术中，钻头切削结构的设计至关重要。为了充分发挥旋冲钻井的高效破岩优势，钻头的切削齿布置、形状和角度都必须经过精心计算和优化。设计时要充分考虑高频冲击力和旋转扭矩的联合作用，确保钻头能够在此复杂力系下稳定且高效地破碎岩石。通过采用特殊形状的切削齿，不仅可以有效增加切削力，还能显著减少钻头与岩石之间的摩擦，从而降低磨损，提高钻头的钻进速度和使用寿命，为旋冲钻井技术的成功应用提供有力保障。

#### 2.1.2 钻头耐冲击性能提升

在旋冲钻井作业中，钻头面临着高频冲击载荷的严峻考验，因此其耐冲击性能成为了关键。为了确保钻头能够在如此恶劣的环境下稳定工作，我们采用了高强度、高韧性的材料，如硬质合金和陶瓷等，来制造钻头，从而显著提升了其耐冲击能力。我们还对钻头的结构设计进行了优化，通过增加支撑结构、改善应力分布等措施，进一步增强了钻头的抗冲击性能。

#### 2.1.3 钻头排屑性能优化

在钻井过程中，良好的排屑性能对于保持钻头冷却、减少磨损和提高钻进速度至关重要。钻头设计应充分考虑排屑通道的设置和形状，确保岩屑能够顺畅排出，避免在钻头周围积聚。同时，采用特殊形状的切削齿和排屑槽设计，可以进一步改善钻头的排屑性能，提高钻井效率。此外，通过优化钻井液参数，如粘度、流量等，也能有效促进岩屑的排出，保持井眼的清洁。

### 2.2 钻具组合技术

钻具组合是旋冲钻井技术中不可或缺的一环，它直

接关系到钻井的效率和安全性。以下是对钻具组合技术的几个关键方面的阐述：（1）优化钻具结构：在旋冲钻井中，钻具需要承受高频冲击力和旋转扭矩的双重作用，因此其结构设计必须足够坚固和耐用。通过优化钻具的材质、形状和连接方式，可以显著提高其承载能力和使用寿命。（2）合理选择钻具类型：根据钻井地质条件和工程要求，合理选择钻具类型至关重要。例如，在硬岩地层中，应选用具有高强度和耐磨性的钻具；而在软岩或泥页岩地层中，则应考虑使用具有良好排屑性能的钻具。（3）钻具组合的协同作用：钻具组合中的各个部分需要协同工作，以充分发挥其效能。例如，冲击器与钻头的配合、钻杆与钻铤的连接等，都需要经过精心设计和调试，以确保钻井过程的平稳和高效。（4）钻具的监测与维护：在钻井过程中，对钻具进行实时监测和维护是确保钻井安全和效率的重要手段。通过安装传感器和监测设备，可以实时掌握钻具的工作状态，及时发现并处理潜在问题。（5）钻具组合的适应性调整：随着钻井过程的进行，地质条件可能会发生变化，此时需要对钻具组合进行适应性调整。例如，调整钻具的长度、直径或类型，以适应新的地层条件，确保钻井的顺利进行。

### 2.3 钻井液技术

钻井液在旋冲钻井中扮演着至关重要的角色，它不仅是携带岩屑、冷却钻头的重要介质，还直接影响着钻井效率、井壁稳定以及钻井成本，钻井液技术的优化对于旋冲钻井技术的成功应用具有关键意义。在旋冲钻井中，钻井液的选择和配制需要根据地层特性、钻井工艺以及环保要求等多方面因素进行综合考虑。对于硬岩地层，需要选择具有高携岩能力和良好润滑性的钻井液，以确保钻井过程中的顺畅排屑和钻头冷却。钻井液的密度和粘度也需要根据地层压力进行调整，以维持井壁的稳定并防止井喷事故的发生。钻井液的循环系统设计也是钻井液技术的重要组成部分，通过优化钻井液的循环路径和流量，可以提高钻井液的携带岩屑能力和冷却效果，从而进一步提升钻井效率。合理的循环系统设计还能减少钻井液的损失和浪费，降低钻井成本。现代钻井液技术越来越注重使用环保型添加剂和可再生资源，以减少对环境的影响。同时，钻井液的回收和处理技术也得到了广泛关注，以实现钻井液的循环利用和减少废弃物排放。

### 2.4 钻井参数优化技术

在旋冲钻井过程中，钻井参数的优化是提高钻井效率、保证钻井质量和降低成本的关键，钻井参数优化技术通过科学调整和控制钻井过程中的各项参数，使钻井

作业达到最佳状态。钻井参数包括但不限于旋转速度、冲击频率、钻压、钻井液流量等。这些参数之间相互关联，共同影响着钻井效果。旋转速度的快慢直接影响到钻头的切削效率和井眼的形成质量；冲击频率的高低则决定了冲击力对岩石的破碎效果；钻压的大小关系到钻头与岩石的接触压力和破碎效率；而钻井液流量的合理控制则是保证岩屑及时携带出井口和钻头充分冷却的关键。钻井参数优化技术需要综合考虑地质条件、钻头类型、钻具组合以及钻井液性能等多方面因素。通过现场试验、数值模拟和理论分析等手段，对钻井参数进行精细化调整和优化，以达到最佳的钻井效果<sup>[2]</sup>。钻井参数优化技术还需要与实时监测技术相结合，对钻井过程中的参数变化进行实时跟踪和分析，及时调整钻井参数，确保钻井作业的顺利进行。

## 3 旋冲钻井技术在石油钻井中的具体运用

### 3.1 复杂地层钻井运用

#### 3.1.1 应对硬岩地层

在硬岩地层中，传统的旋转钻井方式往往效率低下，钻头磨损严重。而旋冲钻井技术通过高频冲击力与旋转切削力的联合作用，能够有效破碎硬岩，提高钻井速度。同时，冲击力的存在减少了钻头与岩石的摩擦，降低了钻头的磨损，延长了钻头的使用寿命。这使得旋冲钻井技术在硬岩地层中具有显著的应用优势。

#### 3.1.2 处理易坍塌地层

易坍塌地层是石油钻井中的一大难题。旋冲钻井技术通过控制冲击力和旋转速度，能够减少对地层的扰动，降低井壁坍塌的风险。钻井液的选择和调配也起到了关键作用，它们能够稳定井壁，防止坍塌事故的发生。旋冲钻井技术在易坍塌地层中的应用，提高了钻井的安全性和稳定性。

#### 3.1.3 穿越含气地层

含气地层钻井过程中，容易发生井喷等安全事故。旋冲钻井技术通过优化钻井参数，如调整冲击频率和钻压，能够有效控制井内压力，减少井喷的风险。旋冲钻井技术的高效破岩能力，也能够缩短在含气地层的钻井时间，进一步降低安全事故的发生概率。这使得旋冲钻井技术在含气地层钻井中具有广泛的应用前景。

### 3.2 防斜钻井运用

在石油钻井过程中，井斜是一个常见且需要严格控制的问题。井斜不仅会影响钻井的准确性和效率，还可能导致井眼偏离目标储层，甚至引发钻井事故，旋冲钻井技术在防斜钻井中发挥了重要作用。旋冲钻井技术通过其独特的钻进方式，即旋转钻进与冲击钻进的结合，

能够有效控制井斜。在钻进过程中,旋转钻头产生的切削力能够使井眼保持较为稳定的方向,而冲击器产生的高频冲击力则能够破碎岩石,提高钻进速度。这种联合作用使得旋冲钻井技术在防斜钻井中具有显著优势。具体来说,旋冲钻井技术能够通过调整旋转速度和冲击频率等参数,来优化钻进过程,减少井斜的发生。旋冲钻井技术还能够提高钻头的稳定性和耐用性,减少因钻头磨损或损坏而导致的井斜问题。旋冲钻井技术还能够与其他防斜技术相结合,如使用防斜钻具、调整钻井液性能等,形成更加完善的防斜钻井体系。这种综合应用能够进一步提高防斜效果,确保钻井的准确性和安全性。

### 3.3 提速钻井运用

旋冲钻井技术在石油钻井中的提速运用,主要体现在以下几个方面:(1)高频冲击破岩高效:旋冲钻井技术通过冲击器产生的高频冲击力,与钻头的旋转切削作用相结合,极大地提高了岩石的破碎效率。这种高频冲击能够迅速瓦解岩石结构,使得钻井过程更为顺畅,显著提升了钻井速度。(2)减少钻头磨损:在传统的钻井方式中,钻头与岩石的直接接触容易导致磨损。而旋冲钻井技术中的冲击作用,减少了钻头与岩石的摩擦时间,从而有效延长了钻头的使用寿命。这不仅降低了更换钻头的频率,也进一步提高了钻井效率。(3)提升钻井稳定性:旋冲钻井技术在钻进过程中,冲击力与旋转力的共同作用使得井眼更加稳定。这种稳定性不仅有助于保持钻井方向的准确性,还减少了因井眼偏斜而导致的额外作业时间,从而间接提升了钻井速度。(4)增强钻井液携屑能力:旋冲钻井技术的高效破岩能力,产生了大量的岩屑。而钻井液在旋冲作用下,能够更好地携带这些岩屑上返至地面,减少了井内岩屑的堆积,保持了井眼的清洁,有利于钻井速度的持续提升。(5)促进智能化钻井发展:旋冲钻井技术与智能化钻井系统的结合,为钻井作业提供了更精准的控制和监测手段,进一步提升了钻井速度和作业效率。

### 3.4 深井钻井运用

在石油钻井的深井领域,旋冲钻井技术以其独特的优势,成为了提高钻井效率、确保作业安全的重要手段。深井钻井面临着地层坚硬、温度高、压力大等多重挑战。旋冲钻井技术通过冲击器产生的高频冲击力,与钻头的旋转切削作用相协同,有效应对了深井地层的坚硬特性。这种复合破岩方式,不仅提高了破岩效率,还减少了钻头与岩石的直接摩擦,降低了钻头的磨损和温升,使得钻头在极端条件下仍能保持良好的工作状态<sup>[3]</sup>。同时,旋冲钻井技术在深井钻井中还展现出了良好的井壁稳定性。深井地层中的高温高压容易导致井壁失稳,而旋冲钻井技术的冲击作用有助于巩固井壁,减少坍塌风险。此外,旋冲钻井技术还能促进钻井液的循环,带走井底的热量和岩屑,保持井眼的清洁和稳定。在深井钻井中,旋冲钻井技术还表现了对复杂地层的良好适应性。无论是遇到硬夹层、软泥岩还是高压水层,旋冲钻井技术都能通过调整冲击频率和钻压等参数,灵活应对,确保钻井作业的顺利进行。

### 结语

未来,科技的飞速发展与创新,旋冲钻井技术将迎来更加广阔的发展前景。这项技术的不断进步和完善,将使其在石油钻井行业中的应用更加广泛,作用更加凸显。旋冲钻井技术以其高效、稳定、适应性强的特点,必将在应对复杂地层、提高钻井速度、降低作业成本等方面发挥更加重要的作用。我们有理由相信,旋冲钻井技术将成为油气资源勘探开发领域中的一把利器,为推动全球能源事业的繁荣发展贡献出更大的力量。

### 参考文献

- [1]于洋,刘士银.高速旋冲钻井技术优化及在顺北区块的试验[J].石油机械,2020,48(10):24-29+38.4.
- [2]李慧群.旋冲钻井技术在石油钻井中的应用[J].中国石油和化工标准与质量,2020,40(16):202-203.
- [3]张海平.旋冲钻井装置设计[J].机械设计,2020,37(08):97-101.