

煤层气水平井钻井工艺分析与技术改进研究

刘涛¹ 柳锋² 常德险³

山东省核工业二四八地质大队 山东 青岛 266600

摘要:近年来,随着中国煤层气开采的发展,新储层日益复杂,老煤层气田发展的困难也越来越大。进一步提高老煤层气田发展效益,合理发展边际油地面积和提高油气采收率,是中国石油工业的共同目标。

关键词:煤层气;水平井;钻井工艺;研究

1 水平井分段压裂工艺研究

1.1 水力喷射分段压裂工艺

水平井分段压裂工艺是煤层气开采中常用的一种技术手段,通过在水平井井段上进行压裂作业,可以增加煤层的渗透性,提高产能。而水力喷射分段压裂工艺是其中一种常见的分段压裂技术。在水力喷射分段压裂工艺中,首先需要确定合理的压裂段落划分,根据煤层的地质条件、井段长度和井壁强度等因素进行分段设计。然后,在每个压裂段落内,通过将高压液体以水力喷射方式注入至煤层中,产生巨大的压力,使煤层裂缝形成和扩展。这种压力的产生主要是通过高压泵将液体注入集输管道,然后由喷射工具引导液体射入井段,进而形成压力。水力喷射分段压裂工艺的优点在于可以根据煤层的地质特征和产层条件,灵活调整压裂参数和压裂液体配比,以适应不同井段的要求。该工艺可以在短时间内扩展裂缝,提高煤层的渗透性,从而提高井的产能。然而,水力喷射分段压裂工艺也存在一些挑战,如压力失控、裂缝延伸不均匀等问题,需要在实际操作中进行合理的控制和调整^[1]。通过对水平井分段压裂工艺的研究和探索,特别是水力喷射分段压裂工艺的应用,可以进一步优化和改进该技术的操作方法和参数选择,提高煤层气的采收率和井产能。这对于煤层气开采的经济效益和资源利用有着重要的意义。

1.2 环空封隔器分段压裂技术

环空封隔器分段压裂技术是水平井分段压裂工艺中的一种重要方法。该技术通过在水平井井段上设置环空封隔器,将井段分为多个压裂段,实现分段压裂作业。环空封隔器是一种能够在井筒内形成封隔阻挡的设备,可以有效地将井段分隔为不同的压裂段,避免了压裂液在整个井段中的扩散和混合。在压裂作业中,通过控制环空封隔器的开闭,可以将高压液体有选择地注入到不同的压裂段落中,从而实现了对煤层的局部压裂。环空封隔器分段压裂技术具有多个优点。首先,可以根据煤层

的地质特征和产层条件,灵活地设计和调整分段压裂的方案,以达到最佳的压裂效果。其次,通过有效隔离不同压裂段落,避免了压裂液体的混合和扩散,减少了压裂液压力损失,提高了压裂效果。环空封隔器分段压裂技术还可以降低井壁破坏的风险,减少井喷和井壁塌陷等事故的发生概率^[2]。环空封隔器分段压裂技术也存在一些挑战。例如,环空封隔器的设计和安装需要考虑井筒的尺寸和水平井壁的稳定性的,需要具备较高的工程技术难度。环空封隔器的封闭与打开需要稳定的操作技术,以确保压裂液体能够准确注入到目标段落。

2 煤层气水平井钻井的工艺流程

煤层气水平井钻井的工艺流程是一个复杂而关键的过程,它直接影响到煤层气的开采效果和经济效益。第一,在进入实施阶段之前,需要进行详细的前期调查与勘探工作,包括地质勘探、储层评价、产能预测和瓦斯抽放等。然后,进行井位选定,确定煤层气水平井的井位,并进行申请、审批等相关手续。第二,进行钻井方案设计。根据地质情况、煤层气层的埋深、产层厚度、含气量以及地层稳定性等因素,确定合理的钻井参数,包括井眼尺寸、井段划分、钻头类型和钻具选择等。第三,钻井材料的准备。选择合适的钻具、钻管、井壁稳定剂、钻井液、套管等钻井材料,并进行检验和质量控制。第四,导向钻井。通过导向系统,如测斜仪、方位工具等,将钻头准确导向到设计的水平井段位置,并开始钻井操作。在钻进过程中,需要根据地质情况和钻进参数,进行钻井液的循环和处理、钻具的维护和检修、钻井液稳定剂的添加和控制等技术控制措施。当钻孔达到设计的井段长度后,需要进行钻井完井操作^[3]。这包括套管的下入、水泥固井、水泥剩余的回收等。钻井完井后,进行井眼清理,并收集井壁样品、测斜数据、井底压力数据等相关资料。接下来是进行气井测试和生产。通过气井测试,评估煤层气开采的产能和藏气量,并进行调整和优化。在开采过程中,还需要进行井下作业和

维护工作。这包括提取液、防砂、沉积物处理等,以及井眼的维护和检修工作。

3 煤层气水平井钻井技术改进研究

3.1 钻井液选择与改进

煤层气水平井钻井技术的改进研究在整个煤层气开采过程中具有重要意义。其中,钻井液的选择与改进是一个关键的研究方向,它直接影响到钻井质量、井壁稳定、钻井速度以及产层保护等方面。目前,钻井液的选择主要考虑以下几个方面的要求:一是要有良好的井壁稳定性,以防止井壁塌陷和钻井事故发生;二是要对煤层气产层具有较小的侵入性,以保证煤层气纯度和产能;三是要具备较高的钻井效率,提高钻进速度和作业效益;四是要尽可能减少环境污染和对地下水资源的影响。为了应对这些要求,煤层气水平井钻井技术的改进研究主要集中在以下几个方面:(1)钻井液配方优化:通过调整钻井液中添加剂的类型和浓度,优化钻井液的性能,以改善井壁稳定性和减小钻井液对煤层气产层的侵入性。同时,探索绿色环保型的钻井液配方,减少环境污染。(2)钻井液性能改进:通过改进钻井液的性能,提高钻井效率。如改进钻井液的润滑性和抗砂能力,减少钻头卡钻和井壁积砂问题;改善钻井液的降阻能力,提高钻进速度^[4]。(3)气体散失控制:针对煤层气水平井钻井过程中的气体散失问题,研究开发新型的气体散失控制技术,以降低事故风险,确保钻井安全。例如,通过改进气密性良好的钻井液配方,提高钻井液对煤层气的保护性能。(4)钻井液处理与回收:针对煤层气开采过程中的钻井液处理和回收问题,研究新型的处理和回收技术,实现钻井液的循环利用,减少对环境的影响。

3.2 钻具与井下工具改进

煤层气水平井钻井技术改进研究是为了提高钻井效率和质量,降低成本并提高产量。其中,钻具与井下工具的改进是关键的研究方向。一方面,钻具的改进能够提高钻进速度和降低钻井成本。例如,钻头设计的改进可以提高钻进速度,并减少因钻头磨损导致的更换次数和停机;选用高强度和耐磨损的钻头材料,以抵抗高强度煤层的钻井压力;使用可控振动技术,提高钻进效率。另一方面,井下工具的改进能够提高钻井质量和井壁稳定性,保证钻井安全。例如,改进测斜仪和天然伽马测井工具的性能,提高测斜和测井的准确性和可靠性;研发更加灵活和可靠的定向井下工具,以实现更精确的钻孔定位和导向。还有一些井下工具的改进方向应当予以关注^[5]。例如,改进水泥固井技术,以提高井眼

完整性和井壁稳定性;改进井下数据采集和实时监测技术,提高钻井过程中的监测和控制能力;改进井下作业工具,实现更加有效和安全的井下维修、故障排除和解堵等工作。煤层气水平井钻井技术改进研究中,钻具与井下工具的改进是为了提高钻井效率、质量和安全性。通过持续的研究和创新,改进钻具和井下工具的设计和性能,可以实现更高效、精准和安全的煤层气水平井钻井过程,提高煤层气开采的经济效益和可持续发展能力。

3.3 钻井参数优化

煤层气水平井钻井技术的改进研究旨在优化钻井参数,提高钻井效率和质量,降低成本并提高产量。首先,钻井液参数的优化是重要的一环。合理选择钻井液的密度、黏度、流变性能和抗砂能力等参数,以提高井壁稳定性和减少井壁塌陷的可能。同时,钻井液的循环速度和压力控制也需要进行优化,以避免井筒壁泥浆压力过高或过低,在钻进过程中保持合适的井壁稳定性。其次,钻头参数的优化是关键的一环。选择合适的钻头类型和设计,以适应不同地质环境和井眼尺寸。钻头的刃部几何形状、液体流动和破岩能力等参数也需要进行优化,以提高钻进速度和减少钻头磨损。井眼尺寸的优化也是重要的一环。根据煤层气的地质条件和产层特征,合理选择井眼直径和井段划分,以最大限度地保持井壁稳定和减少井眼失稳的潜在风险^[1]。同时,钻进参数的优化也是关键的一环。合理选择钻进转速、钻井液压力、钻进冲洗和冲击等参数,以最大程度地提高钻进速度和降低钻具磨损,并保持对煤层气产层的保护。最后,井筒清洁和冲洗参数的优化也是重要的一环。合理选择井筒清洁工具和冲洗方法,以清除井眼中的岩屑和余浆,减少井眼中的摩阻,提高钻井效率和减少井筒附加阻力。

3.4 技术支持与辅助工具

煤层气水平井钻井技术的改进研究需要充分依赖技术支持和辅助工具的应用。这些技术支持和辅助工具旨在提高钻井效率、降低成本,并确保煤层气开采的安全和稳定。(1)定位技术是一项重要的技术支持。通过使用先进的测斜仪、方位工具和导向系统,可以实现准确的井眼定位和方向控制,以保证水平井段的定位准确度和钻井轨迹的可控。(2)钻井监测和数据采集工具是至关重要的辅助工具。利用井下测量仪器和传感器,可以实时监测钻井参数、钻头位置、井壁稳定性以及煤层气产能等关键数据。这有助于钻井过程的实时控制和优化,并为后续的数据分析和决策提供有力支持。(3)钻井液处理和循环系统是另一个重要的技术支持。研究

和改进钻井液处理技术,提高钻井液的循环效率、对煤层气的侵入性和井壁稳定性的控制能力。同时,使用先进的循环系统,如循环泥浆清洗装置、钻井液固液分离装置等,能够有效地处理和回收钻井液,减少钻井废液的排放和对环境的影响^[2]。(4)钻井安全和应急设备是保证煤层气钻井过程安全的关键。除了常规的井下灭火器、应急通信设备等,还需要针对煤层气水平井特殊环境开发和应用相应的安全设备,如甲烷气体防爆器、钻孔瓦斯抽放工具等,以应对煤层气可能存在的安全风险。煤层气水平井钻井技术改进研究中,技术支持和辅助工具的应用是不可或缺的。只有充分利用和优化这些技术支持和辅助工具,才能实现煤层气水平井钻井技术的全面改进和提升。在煤层气水平井钻井技术改进研究中,技术支持和辅助工具的应用还需要不断创新和提升。

4 井型设计改进

4.1 L型水平井

L型水平井是目前使用较多的一种设计方式,主要包括采动区L型水平井和常规地面抽采L型水平井。一般在生产准备区布置采动区L型水平井,其中,水平段在煤层顶板,直井段结合地质情况特殊设计。该方式兼具煤矿高位钻孔抽采和地面直井抽采的优点,能够通过煤层采动影响,有效释放地层应力,提高储层渗透率,可以大规模推广应用。在远景规划区一般布置常规地面抽采L型水平井,该设计方式能够通过排水降压使煤层中甲烷解吸产出,通过全水平段下入筛管或套管,对水平井进行压裂或者氮气扩孔增渗,提高储层渗透率^[3]。

4.2 U型水平井

U型水平井由一个直井和一个水平分支组成,其中,直井主要在煤层处造穴,水平井穿过洞穴与直井连通。U型水平井能够对煤层形成有效支撑,防止水平段垮塌,实现水平井产量的大幅提升。但该设计方式技术难度大,占地面积大,而且造价成本较高,不符合大规模推广使用要求。使用先进的导向系统和井下导向工具,可以实现更准确、稳定的U型水平钻孔。例如,利用电磁导

向技术或者惯性导向技术,可以实现钻孔的精确定向和高质量的钻井轨迹。改进导向工具的材料和性能,提高其抗磨损和耐高温的能力,可以延长使用寿命并减少更换次数,降低钻井成本。

4.3 直斜段固井技术

采用二开钻井工艺时,由于二开钻进直接钻完水平段,极易导致直斜段未固井,造成井筒坍塌,需采用直斜段下套管固井技术,通过在套管外增加分级箍、封隔器及盲板等加固部件,实现了直斜段固井、煤层段不固井,有效增强了直斜段稳定性,降低了水平井直斜段施工风险,同时也避免了对水平井段煤层的污染。

结束语

煤层气水平井钻井工艺的分析与技术改进是煤层气开采过程中不可忽视的重要任务。钻井液的选择与改进、钻具与井下工具的改进、钻井参数的优化以及技术支持与辅助工具的应用都是关键的研究方向。通过持续地进行技术改进与创新,可以提高钻井效率、质量和安全性,降低成本,并为煤层气开采的可持续发展提供有力支持。因此,我们应该不断加强对煤层气水平井钻井工艺的分析与研究,推动相关技术的改进与应用,为煤层气开采行业的发展贡献力量。

参考文献

- [1]陈金宏,爬行器在煤层气水平井分簇射孔中的应用[J].中国煤层气,2022,19(01):45-47+26.
- [2]李艳昌,刘海龙,贾进章.对称多分支水平井煤层气水电模拟试验研究[J].煤炭科学技术,2022,50(10):135-142.
- [3]何钰,山西忻州保德区块保-平30煤层气L型水平井施工实践与认识[J].浙江国土资源,2021(S1):88-94.
- [4]张军浪,袁魁,郭明.煤层气多分支水平井钻井工艺分析[J].化工设计通讯,2021,47(02):197-198.
- [5]王国玲,孙晗森,严开峰,史红玲.六盘水地区大河边向斜煤层气多分支水平井钻井工艺研究[J].煤炭技术,2020,39(03):17-19.