

延长气田马家沟组天然气井试气技术研究与实践

张明浪 刘金喜

延长气田采气二厂 陕西 榆林 718500

摘要: 马家沟组天然气井试气技术研究与实践旨在探索极马家沟组天然气井的测试技术,以提高试气效率和安全性。本文综述了马家沟组天然气井试气的关键技术,包括井控技术、管材与设备防护、安全监测预警等,并结合实际案例分析了这些技术的应用效果。研究表明,通过技术创新和实践应用,可以有效应对马家沟组高温高压、高含硫环境下的试气挑战,为天然气资源的高效开发提供技术支持。

关键词: 高压高温;高含硫;天然气井;试气技术;研究

引言:随着全球能源需求的不断增长,马家沟组天然气井的勘探与开发日益受到重视。然而这类气井的试气工作面临诸多技术难题,如马家沟组环境下的井控、管材腐蚀与防护、安全监测等。开展马家沟组天然气井试气技术的研究与实践具有重要意义。本文旨在探讨相关技术进展,分析实践中的应用效果,为天然气资源的可持续开发提供借鉴。

1 天然气井试气技术的概述

1.1 马家沟组天然气井特点

延长气田马家沟组天然气井具有显著的特点,主要表现在几个方面:第一、马家沟组天然气井埋藏深度在4000m以上,地层原始压力30MPa以上。这种高压环境给测试工作带来了极大的挑战和危险。第二、马家沟天然气通常伴有高含硫的情况,这样的高含硫条件对测试设备和测试工艺都提出了极高的要求。第三、天然气井中的天然气具有密度小(仅为原油的0.07%)、可压缩膨胀、易爆炸燃烧和难以封闭等物理化学性能。这些特性使得在测试过程中极易引起井喷、燃烧和爆炸等事故,因此必须做好严格的防喷、防火、防爆工作。

1.2 试气技术原理

试气技术是通过一套专用的设备工具以及相应的技术措施,降低井内液柱的压力,从而使地层中的流体进入到井内,并获取流体产量、温度、压力、流体的性质及地层参数等详细资料。这些资料可以为油气田的工业价值及计算储量提供可靠的依据。试气技术的主要原理包括:降低井内压力;通过调整井内液柱的压力,使地层中的天然气能够顺利进入井内^[1]。流体参数测量;利用专业的测试设备和工具,对进入井内的天然气进行产量、温度、压力和流体性质的测量。地层参数获取;通过分析测试数据,可以推算出地层的渗透率、孔隙度等关键参数,进而评估油气田的储量和开采潜力。

1.3 相关技术标准与规范

天然气井试气过程中,必须严格遵守相关的技术标准与规范,以确保测试工作的安全、准确和高效。所有用于试气的设备都必须经过严格的安全检验和认证,确保其能够承受高压高温、高含硫环境下的工作条件。试气过程必须遵循一定的测试流程和操作步骤,包括测试前的准备、测试过程中的监控和测试后的数据处理等。测试人员必须接受专业的安全培训,了解高压高温、高含硫环境下的安全风险和应对措施。在测试过程中,必须佩戴专业的安全防护设备,并严格遵守安全操作规程。试气过程中产生的废弃物和排放物必须符合我国相关的环保标准和要求,防止对环境造成污染和破坏。

2 高压高温、高含硫天然气井试气技术难点与挑战

2.1 高温高压、高含硫环境下的设备适应性

在高温高压、高含硫环境下,试气设备的适应性成为一大技术难点。由于延长气田马家沟组天然气井井底温度通常超过120℃,甚至更高,同时地层压力大于30MPa,这样的极端条件对设备的材质、密封性能和强度都提出了极高的要求。普通设备在这样的环境下极易出现损坏或失效,因此必须使用特殊材质和设计的设备才能适应。这些特殊设备的研发和生产成本通常较高,且技术难度较大,给试气工作带来了不小的挑战。

2.2 硫化氢等腐蚀性介质的处理

马家沟组天然气井中往往含有硫化氢等腐蚀性介质浓度较高,这些介质对设备和管材具有强烈的腐蚀作用。硫化氢不仅会导致设备材质的强度下降,还可能引发硫化物应力腐蚀开裂等严重问题。在试气过程中必须采取有效的防腐措施,如使用抗硫化氢腐蚀的材质、涂抹防腐涂料等。这些防腐措施的成本较高,且效果受到多种因素的影响,如温度、压力、介质浓度等,使得防腐工作变得异常复杂和困难。

2.3 关井求压技术难点

关井求压是试气过程中的一项重要技术操作，其目的是在关井状态下测量地层压力恢复情况，以评估地层的储气能力和开采潜力。在高压高温、高含硫天然气井中，关井求压技术面临诸多难点。由于地层压力较高，对井口装置的抗压强度提出了极高的要求。在关井状态下，地层流体中的硫化氢等腐蚀性介质可能对井口装置和井下工具造成严重的腐蚀和损坏。关井求压过程中还需要严格控制测试压差，以防止地层垮塌和出砂等问题的发生。这些技术难点使得关井求压工作变得异常复杂和危险^[2]。

3 高压高温、高含硫天然气井试气关键技术研究

在高压高温、高含硫天然气井试气过程中，一系列关键技术的研究与应用至关重要，它们不仅直接关系到试气的成功与否，还深刻影响着后续油气资源的开采效率和安全性。

3.1 测试管柱技术

测试管柱技术是高压高温天然气井试气的核心环节之一。在极端的高温高压高含硫环境下，测试管柱需承受巨大的内外压差和温度变化，同时还要确保良好的密封性能和稳定的传输能力。因此测试管柱的材质选择、结构设计以及制造工艺都至关重要。首先，测试管柱的材质需要具备高强度、耐高温、耐腐蚀的特性，常用的材质包括高强度合金钢、不锈钢以及特殊复合材料等。这些材质的选择需要综合考虑井下的具体条件，如温度、压力、流体成分等，以确保管柱在长时间工作下不会发生变形、破裂或腐蚀等问题。其次，测试管柱的结构设计也需精心规划，合理的结构设计可以提高管柱的承压能力和密封性能，同时降低流体在管柱内的流动阻力。另外，测试管柱的制造工艺同样不可忽视。高质量的制造工艺可以确保管柱的精度和表面光洁度，从而提高其密封性能和耐腐蚀性能。制造工艺的优化还可以降低生产成本，提高生产效率。在高压高温天然气井试气中，测试管柱技术的应用还需要结合具体的试气工艺和流程。在关井求压时，则需要确保管柱的密封性能良好，以防止地层流体泄漏。

3.2 井下工具与地面设备

井下工具和地面设备是高压高温、高含硫天然气井试气的另一关键要素。井下工具包括封隔器、测试阀、循环阀等，它们的主要作用是控制井下流体的流动和测试过程的进行。地面设备则包括井口装置、测试流程、数据采集系统等，它们负责接收、处理和存储井下传输的数据信息。井下工具的选择需要根据井下的具体条件

进行。例如，封隔器需要具备良好的密封性能、耐压能力和抗腐蚀能力，以适应高温高压、高含硫环境下的工作需求。测试阀和循环阀则需要具备快速响应、精确控制的特点，以确保测试过程的顺利进行。地面设备的配置同样需要根据试气的具体要求进行，井口装置需要具备良好的密封性能。测试流程则需要设计合理、流程简洁，以提高测试效率和准确性。数据采集系统则需要具备高精度、高稳定性的特点，以确保数据的准确性和可靠性。在井下工具和地面设备的应用过程中，还需要注意设备的维护和保养，定期的检查和维护可以及时发现设备的潜在问题，并进行修复或更换，以确保设备的正常运行和延长使用寿命。

3.3 防腐与防硫技术

马家沟组天然气井中往往含有硫化氢等腐蚀性介质，这些介质对设备和管材具有强烈的腐蚀作用。防腐与防硫技术成为试气过程中的一项重要任务，防腐技术主要包括材质选择、涂层防护、电化学保护等措施。材质选择方面，需要选用耐腐蚀性能好的材质，如不锈钢、合金钢等。涂层防护方面，可以在设备和管材表面涂抹防腐涂料，以隔绝腐蚀性介质与基材的接触。电化学保护方面，则可以通过施加外加电流或牺牲阳极等方法，改变设备和管材表面的电位状态，从而降低其腐蚀速率。防硫技术则主要针对硫化氢等含硫介质的处理。常用的防硫措施包括使用抗硫化氢腐蚀的材质、增加设备的耐腐蚀层、优化工艺流程以减少硫化氢的生成等。还可以采用化学药剂或物理方法将硫化氢转化为无害或低毒的物质，以降低其对设备和环境的危害。在防腐与防硫技术的应用过程中，还需要注意监测和评估其效果，通过定期检测设备和管材的腐蚀速率、硫化氢浓度等指标，可以及时了解防腐与防硫措施的效果，并进行调整和优化。

3.4 数据采集与分析技术

数据采集与分析技术是天然气井试气过程中的重要支撑。数据采集系统需要具备高精度、高稳定性的特点。常用的数据采集方法包括压力传感器、温度传感器、流量计等仪表的测量和记录。这些仪表需要定期校准和维护，以确保其准确性和可靠性。数据分析技术则需要结合具体的地质条件和试气工艺进行，通过对采集到的数据进行处理和分析，可以得出地层的储气能力、渗透率、流体性质等重要参数。这些参数对于后续的开采方案设计、产能预测以及风险控制等方面都具有重要的指导意义^[3]。数据采集与分析技术还可以与智能化、自动化技术相结合，实现试气过程的自动化监控和智能决

策。通过引入先进的传感器、控制器和执行器等设备，可以实现对试气过程的实时监测和控制，提高试气的效率和安全性。结合大数据和人工智能技术，还可以对采集到的数据进行深度挖掘和分析，发现潜在的规律和趋势，为后续的开采工作提供更加精准的预测和指导。

4 高压高温、高含硫天然气井试气安全保障技术

4.1 井控技术

井控技术是高压高温天然气井试气安全保障的核心。它主要包括压力控制、流体控制和井口控制三个方面。（1）在压力控制方面，井控技术通过精确调节井口压力和井底压力，确保试气过程中的压力稳定。这要求使用高精度的压力传感器和调节装置，实时监测并调整压力，以防止因压力异常而导致的井喷、井漏等安全事故。（2）流体控制方面，井控技术通过控制井下流体的流动，确保试气过程中的流体稳定。采用先进的流体控制装置，如井下节流器、循环阀等，可以精确控制流体的流量和压力，防止流体突然释放或泄漏，从而保障试气作业的安全。（3）井口控制方面，井控技术通过加强井口装置的密封性和强度，确保井口在高压高温环境下的安全。井口装置需要能够承受极高的井口压力，并具备良好的密封性能，以防止地层流体泄漏和井口失控。

4.2 管材与设备防护技术

管材与设备防护技术是高压高温、高含硫天然气井试气安全保障的重要组成部分。由于试气过程中涉及高温高压的流体，对管材和设备的腐蚀和磨损尤为严重。在管材防护方面，采用耐腐蚀、耐高温的特殊材质，如不锈钢、合金钢等，可以有效提高管材的耐腐蚀性和耐高温性。同时对管材进行涂层处理，如喷涂防腐涂料、陶瓷涂层等，可以进一步增强管材的防护能力。设备防护方面，除了选用耐腐蚀、耐高温的设备外，还需要对设备进行定期维护和保养。通过定期检查设备的运行状态，及时发现并处理设备的潜在问题，可以确保设备在试气过程中的正常运行，对设备进行润滑、清洗等保养措施，可以延长设备的使用寿命，提高设备的可靠性。

4.3 安全监测与预警系统

安全监测与预警系统是高压高温、高含硫天然气井试气安全保障的最后一道防线。它通过对试气过程中的关键参数进行实时监测和预警，及时发现并处理潜在的安全隐患。在安全监测方面，系统通过安装传感器、监测仪表等设备，实时监测试气过程中的压力、温度、流量等关键参数^[4]。当这些参数出现异常时，系统会立即发出警报，提醒操作人员及时采取措施进行处理。预警系统则通过对监测数据进行分析 and 处理，预测可能发生的安全事故，并提前发出预警。这要求系统具备高精度、高稳定性的数据处理和分析能力，能够准确判断试气过程中的安全风险，并给出相应的预警措施。安全监测与预警系统还需要与操作人员保持紧密的沟通联系，当系统发出警报或预警时，操作人员需要立即响应并采取相应的处理措施，以确保试气作业的安全进行。操作人员还需要定期对系统进行维护和保养，确保系统的正常运行和准确性。

结束语

高压高温、高含硫天然气井试气技术研究与实践的探索，不仅推动相关技术的革新与发展，更为天然气资源的开发利用提供坚实的技术支撑。通过不断的研究与实践，成功应对高压高温、高含硫环境下的试气挑战，提高试气效率和安全性。未来，将继续深化技术研究，优化实践应用，为天然气资源的可持续开发和利用贡献更多的智慧和力量，共同推动能源产业的繁荣发展。

参考文献

- [1]徐大喜.天然气井排水采气工艺方法优化分析[J].中国设备工程,2020,No.438(02):101-103.
- [2]欧宝明,叶富艳,濮兰天,等.涩北气田气举工艺的研究及应用[J].天然气技术与经济,2020,014(001):P.57-63.
- [3]闫敏辉.天然气井排水采气工艺方法优化研究[J].中国石油和化工标准与质量,2020,40(22):153-155.
- [4]贾欣.天然气井排水采气工艺方法优化分析[J].化学工程与装备,2020(07):39-40.