

非常规油气钻井安全管理现状与未来趋势研究

赵振宇

中海油能源发展股份有限公司工程技术分公司 天津 300451

摘要：随着全球能源需求的持续增长和常规油气资源的逐渐枯竭，非常规油气资源如煤层气、致密砂岩气和页岩气等已成为能源领域的重要补充。然而，这些资源的开采过程复杂，安全管理面临诸多挑战。本文旨在分析当前非常规油气钻井安全管理的现状，并探讨其未来发展趋势，特别是在煤层气、致密砂岩气和页岩气领域的具体实践。

关键词：煤层气；致密砂岩气；页岩气；钻井安全管理；未来趋势

引言

非常规油气资源因其储层特性复杂，开采难度大，对安全管理提出了更高的要求。钻井作业作为非常规油气资源开发的关键环节，其安全管理直接关系到生产效率和人员安全。因此，深入研究非常规油气钻井安全管理现状与未来趋势，对于推动行业健康发展具有重要意义。

1 非常规油气钻井安全管理现状

1.1 煤层气钻井安全管理

1.1.1 钻井技术挑战

煤层气钻井面临的主要技术挑战确实包括煤层稳定性差、易坍塌以及煤层气解吸压力大等问题。这些特性使得钻井过程充满了不确定性，要求必须采取一系列特殊的技术措施来应对。具体来说，煤层的稳定性差意味着在钻井过程中井眼容易发生坍塌，这要求使用特殊的井身结构设计来增强井眼的稳定性。同时，煤层气解吸压力大则要求使用特定的泥浆体系来控制地层压力，防止地层流体突然涌入井眼导致失控。

1.1.2 安全管理措施

针对煤层气钻井的特殊性和技术挑战，安全管理措施也相应地进行了一系列的优化和强化。首先，加强地质勘探是基础。通过详细的地质勘探，可以准确把握煤层的分布、厚度、物理性质以及地层压力等关键参数，为钻井设计和施工提供科学依据。这有助于提前识别潜在的地层不稳定区域，从而采取相应的预防措施。其次，优化钻井工艺是关键。针对煤层气钻井的特点，需要不断优化钻井工艺，以减少钻井过程中的地层扰动。例如，可以采用先进的钻井技术和工具，如旋转导向钻井系统、随钻测量技术等，实现精确钻井，减少对地层的破坏。再者，强化现场监控是保障。在钻井过程中，需要实时监测钻井参数和地层变化，以便及时发现并处理潜在的安全隐患。这包括监测井眼压力、泥浆性能、钻速等参数，以及观察地层岩性的变化。通过实时监

控，可以确保钻井过程的稳定性和安全性^[1]。最后，完善应急预案是必要措施。针对煤层气钻井过程中可能遇到的突发情况，如井眼坍塌、地层流体涌入等，需要制定完善的应急预案。这包括明确应急响应程序、配备必要的应急设备和物资、以及定期进行应急演练等。通过完善应急预案，可以确保在突发情况下能够迅速响应，有效控制事态发展，减少损失。

1.2 致密砂岩气钻井安全管理

1.2.1 技术难点

致密砂岩气储层渗透率低，这是其开采过程中的一大技术难点。为了提高采收率，必须采用水平钻井和水力压裂等先进技术。然而，这些技术的引入也增加了钻井作业的复杂性和风险性。例如，水平钻井需要更精确的井眼控制和轨迹规划，以避免地层坍塌和井眼失稳。而水力压裂则需要大量的压裂液，如果处理不当，可能会引发环境污染问题。

1.2.2 安全管理实践

针对致密砂岩气钻井的技术难点和风险性，安全管理实践强调全过程控制。从钻井设计开始，就需要充分考虑地质条件、储层特性以及钻井工艺等因素，制定科学、合理的钻井方案。在施工过程中，每个环节都需严格遵守安全规范，确保钻井作业的安全进行。同时，加强环保措施也是致密砂岩气钻井安全管理的重要实践之一。由于水力压裂需要大量的压裂液，因此必须确保压裂液的安全处理，避免对环境造成污染。这包括选择合适的压裂液配方，减少有害物质的排放，以及建立完善的废弃物处理系统^[2]。除此之外，致密砂岩气钻井安全管理还注重人员培训和应急演练。通过加强员工的安全培训和教育，提高员工的安全意识和应急处理能力。同时，定期进行应急演练，确保在突发情况下能够迅速响应，有效控制事态发展，减少损失。

1.3 页岩气钻井安全管理

1.3.1 技术复杂性

页岩气储层通常埋藏深、压力大，这使得其开采过程充满了技术挑战。为了有效地开采页岩气，需要使用大量的水和化学品进行水力压裂。这一过程不仅增加了作业的难度，还带来了显著的安全风险。例如，高压环境下的钻井作业可能导致井眼失稳或地层破裂，而化学品的使用则可能对环境造成潜在威胁。

1.3.2 安全管理创新

面对页岩气钻井的技术复杂性和安全风险，安全管理实践不断创新，以适应这一新兴领域的挑战。智能化监控系统的引入是安全管理创新的一大亮点。这些系统能够实时监测钻井参数和地层动态，为钻井作业提供精确的数据支持。通过实时监测，可以及时发现潜在的安全隐患，并采取相应的预防措施，从而确保钻井过程的稳定性和安全性。在环保方面，页岩气钻井安全管理也取得了显著的进步。为了减少对环境的影响，推广使用环保型压裂液已成为行业共识。这些环保型压裂液不仅能够有效提高采收率，还能减少对地层的损害和环境的污染。同时，建立完善的废弃物处理系统也是减少环境影响的重要措施之一。除了技术和环保方面的创新外，页岩气钻井安全管理还注重员工的安全培训和教育^[1]。通过加强员工的安全意识培养、应急处理能力训练以及定期的安全演练，可以确保员工在突发情况下能够迅速、有效地应对，从而减少潜在的安全风险。

2 非常规油气钻井安全管理未来趋势

2.1 技术进步推动安全管理升级

随着科技的飞速发展，钻井技术也在不断取得新的突破。这些技术进步不仅提高了钻井作业的效率，更为安全管理带来了前所未有的升级机遇。自动化钻井系统的引入，将极大地提升钻井作业的安全性和准确性。这一系统通过集成先进的传感器、控制器和执行机构，能够实现钻井过程的精确控制。它可以实时监测钻井参数，如钻压、转速、泥浆压力等，并根据预设的安全阈值进行自动调整，从而避免人为操作失误导致的安全事故。智能钻井工具的应用也是推动安全管理升级的重要因素。这些工具利用人工智能、机器学习等先进技术，对钻井过程中产生的大量数据进行实时分析和处理。通过识别潜在的安全风险，智能钻井工具可以提前发出警报，并给出相应的处理建议，使安全管理更加主动和前瞻。除了自动化和智能化技术的应用，新材料和新工艺的研发也将为非常规油气钻井的安全管理带来革新。例如，高性能的钻井泥浆材料可以更好地稳定井眼，减少地层坍塌的风险；而先进的完井工艺则可以有效封隔地

层，防止流体窜流和环境污染。未来，非常规油气钻井将更加注重技术创新，不断推动安全管理向智能化、自动化方向发展。这将包括更加完善的钻井过程模拟和优化技术，以实现钻井作业的精细化管理；更加先进的实时监测和预警系统，以提前发现和处理潜在的安全隐患；以及更加高效的应急响应和救援技术，以在突发事件中迅速恢复作业并确保人员安全。技术进步将为非常规油气钻井的安全管理带来全面的升级。通过自动化、智能化技术的应用以及新材料、新工艺的研发，有望在未来实现更加安全、高效、环保的钻井作业，为非常规油气资源的可持续开发提供有力保障。

2.2 环保要求提升安全管理标准

随着全球环保意识的不断增强，非常规油气开采过程中的环保问题日益凸显，受到了社会各界的广泛关注。为了满足更高的环保要求，未来非常规油气钻井安全管理将不得不注重环保标准的提升，致力于采用更加环保的钻井技术和处理工艺，以减少对环境的影响。在钻井技术方面，未来将更加注重研发和应用低污染、高效率的钻井技术。例如，通过使用环保型钻井泥浆，可以减少对地层的污染和破坏；采用先进的随钻测量技术，可以实时监测地层情况，避免钻井过程中的不必要的地层扰动。这些技术的应用将有助于降低钻井作业对环境的风险。在处理工艺方面，未来将更加注重废弃物的处理和排放控制。钻井过程中产生的废弃物，如压裂液、泥浆等，如果处理不当，可能对周边环境造成严重影响。因此，未来将研发和应用更加环保的处理工艺，如废弃物回收利用技术、无害化处理技术等，以确保废弃物的安全处理，减少对环境的污染。同时，为了满足更高的环保要求，非常规油气钻井安全管理还将注重全过程的环保监控和管理。从钻井设计开始，就需要充分考虑环保因素，制定环保措施和应急预案；在施工过程中，需要严格遵守环保法规和标准，确保钻井作业的环保合规性；在施工结束后，还需要进行环保评估和恢复工作，以确保钻井作业对环境的影响最小化。环保要求的提升将推动非常规油气钻井安全管理标准的升级。未来，非常规油气钻井将更加注重环保技术的应用和处理工艺的创新，以实现钻井作业与环境保护的协调发展。这将有助于提升非常规油气资源的可持续开发水平。

2.3 国际合作加强安全管理经验交流

鉴于非常规油气资源的全球性和其开采过程的复杂性，国际合作在安全管理方面扮演着至关重要的角色。通过与国际先进企业的交流合作，共享安全管理经验和成果，有望显著提升我国非常规油气钻井的安全

管理水平。在国际合作框架下,可以定期组织国际性的非常规油气钻井安全管理研讨会和交流活动。这些活动将提供一个平台,使来自不同国家和企业的专家能够共同分享他们在安全管理方面的最佳实践和创新成果。通过这种形式的交流,可以深入了解国际先进企业在安全管理方面的策略和方法,从而为我国企业提供有益的借鉴和启示。除了研讨会和交流活动,还可以通过建立国际合作项目,共同研发和推广先进的安全管理技术。例如,可以与国际伙伴合作,共同开发智能化的钻井安全监控系统,实现实时数据共享和风险预警。这样的合作项目不仅有助于提升我国企业的技术实力,还能促进国际间在安全管理方面的共同进步。在国际合作中,还应注重人才培养和知识转移。可以邀请国际专家来华进行培训和指导,帮助我国企业提升安全管理人员的专业素养和实践能力。同时,也可以派遣我国企业的优秀人才到国际先进企业进行学习和实践,以吸收和借鉴国际先进的安全管理理念和技术。国际合作在加强非常规油气钻井安全管理经验交流方面具有重要作用。通过与国际先进企业的交流合作,共享安全管理经验和科技成果,可以不断提升在非常规油气钻井安全管理方面的水平。这将有助于确保我国非常规油气资源的可持续开发,同时保障人员和环境的安全。在未来,应进一步加强国际合作,共同推动全球非常规油气钻井安全管理水平的提升。

2.4 政策法规完善安全管理体系

在推动非常规油气资源安全、高效开发的过程中,政策法规的完善起着至关重要的作用。政府将不断加强对非常规油气开采行业的监管,通过完善相关政策法规体系,明确安全管理要求和责任主体,以构建更加规范、有序的行业环境。首先,政府将制定或修订专门的非常规油气开采安全法规,对钻井作业、生产运营、废弃物处理等各个环节提出具体的安全管理要求。这些法规将详细规定企业的安全生产责任、应急预案制定与执行、员工培训与考核等内容,确保企业在开采过

程中严格遵守安全规范,减少事故发生的可能性。其次,政府将明确安全管理责任主体,强化企业的安全生产主体责任。通过建立严格的责任追究制度,对违法违规行为进行严厉处罚,包括高额罚款、吊销执照甚至追究刑事责任等,以形成有效的震慑力。这将促使企业更加重视安全生产工作,加大安全投入,提升安全管理水平^[4]。此外,政府还将加强对非常规油气开采行业的监督检查力度,定期组织专家团队对企业进行安全检查评估。通过现场检查、资料审查等方式,全面了解企业的管理状况,及时发现并纠正存在的问题。同时,政府还将鼓励公众参与监督,建立举报奖励机制,拓宽监督渠道,形成全社会共同关注安全生产的良好氛围。政策法规的完善将有力推动非常规油气开采安全管理体系的建设。通过明确安全管理要求和责任主体、加大违法违规行为的处罚力度以及加强监督检查等措施,政府将努力构建一个安全、规范、有序的非常规油气开采行业环境,为我国能源事业的可持续发展提供坚实保障。

结语

非常规油气钻井安全管理是确保能源开发顺利进行和人员安全的重要保障。当前,煤层气、致密砂岩气和页岩气钻井安全管理面临诸多挑战,但通过技术进步、环保要求提升、国际合作加强和政策法规完善等措施的实施,未来非常规油气钻井安全管理水平将不断提升,为能源行业的可持续发展贡献力量。

参考文献

- [1]江程.煤层气钻井工程的安全管理探析[J].化工管理,2017,(19):75.
- [2]李海斌.致密砂岩气钻井安全管理要点分析[J].中国石油和化工标准与质量,2024,44(11):69-71.
- [3]彭洋.浅析页岩气钻井工程项目的安全管理[J].化工管理,2020,(01):209+224.
- [4]杨晓敏,胡攀峰,唐攀,等.页岩气钻井井控技术及现场安全应急管理措施[J].能源与环保,2023,45(09):55-60.