

井控安全技术 在钻井过程中的应用探讨

何兆云

中国石化中原石油工程有限公司钻井一公司 河南 濮阳 457000

摘要：文章探讨了井控安全技术 在钻井过程中的应用。井控安全技术 作为保障钻井作业安全的重要手段，通过实时监测井筒压力、控制钻井液性能、采取应急措施等策略，有效预防和控制井喷、井漏等事故的发生。分析井控安全技术的核心要素，包括井口安全控制、井身井底控制、井下安全监测及应急处理等方面，并结合实际案例评估井控技术的应用效果。研究结果为钻井作业的安全管理提供有益参考。

关键词：井控安全技术；钻井过程；应用

引言：钻井作业是石油勘探与开发的核心环节，但同时伴随着高风险。井控安全技术作为保障钻井作业安全的重要手段，近年来得到了广泛关注和应用。随着油气勘探开发的不断深入，井控安全技术也在不断创新和完善。本文旨在探讨井控安全技术 在钻井过程中的应用，分析其核心要素及作用机制，以期 为钻井作业的安全管理提供理论依据和实践指导。

1 井控安全技术概述

1.1 井控安全技术的定义

井控安全技术是指在油气井钻井、测井、录井、测试、注水（气）、井下作业以及报废井弃置处理等各个生产作业环节中，为了保障油气井的安全稳定，防止井喷、井喷失控及着火等灾难性事故的发生，而采用的一系列工程技术和管理措施。其核心在于通过精确控制井内流体的压力平衡，保护油气层，确保油气资源的有效开发和利用，同时防止环境污染和人员伤亡。井控安全技术不仅涵盖了钻井过程中的压力控制，还包括了测井、录井、测试等后续作业中的压力监测和调整，以及注水（气）、井下作业中的流体管理和风险控制。它是一项综合性的工程技术，旨在确保油气井在全生命周期内的安全、高效运行。具体而言，井控安全技术包括使用泥浆、防喷器等井控设备，通过实时监测井底压力和井口井眼液位等参数，精确控制钻井液的进出，从而维持井底压力在安全范围内。这些措施不仅有助于发现和 保护油气层，提高油气资源的采收率，还能有效防止井喷事故的发生，保障人员和设备的安全。

1.2 井控安全技术的工作原理

井控安全技术的工作原理基于压力平衡原理，即通过控制井口和井内的工作压力，保持井内压力与地层压力之间的平衡，防止地层流体进入井筒，从而避免井喷事故的发生。在钻井过程中，井控安全技术主要通过几

个方面实现压力平衡：

（1）泥浆的使用：泥浆是井控安全技术中不可或缺的一环。它不仅可以起到冷却钻头、携带岩屑的作用，更重要的是，通过调整泥浆的密度和粘度，可以精确控制井内流体的压力，保持井底压力与地层压力之间的平衡。当井底压力高于地层压力时，泥浆可以阻止地层流体进入井筒；反之，当井底压力低于地层压力时，泥浆可以防止井筒内的流体喷出^[1]。（2）防喷器的应用：防喷器是井控安全技术中的重要设备，它能够在井喷事故发生时迅速关闭井口，切断井筒与地层的联系，防止地层流体大量喷出。防喷器通常由多个阀门组成，可以根据需要灵活开启或关闭，确保井控安全。（3）实时监测与调整：井控安全技术还包括实时监测井底压力和井口井眼液位等参数，并根据监测结果及时调整泥浆的密度和粘度，以及防喷器的开启状态。这种实时监测和调整机制能够确保井内压力始终保持在安全范围内，有效防止井喷事故的发生。（4）应急处理措施：在井控安全技术中，还包括一系列应急处理措施。一旦发生井喷事故，可以立即启动应急预案，采取关闭井口、注入压井液等措施，迅速控制事故的发展，防止事态恶化。

2 钻井安全的重要性

钻井安全在油气勘探与开发过程中占据着举足轻重的地位，其重要性不容忽视。钻井作业作为油气资源开采的首要环节，不仅直接关系到油气资源的有效获取，更与人员生命安全、环境保护以及企业的可持续发展紧密相连。第一、钻井安全是保障人员生命安全的基石，钻井作业环境复杂多变，涉及高温、高压、易燃易爆等危险因素，一旦发生事故，往往会造成严重的人员伤亡，确保钻井安全，严格遵守安全操作规程，加强人员安全培训，是保护每一位作业人员生命安全的基本要求。第二、钻井安全对于环境保护至关重要，油气钻井

过程中,如果发生井喷、泄漏等事故,将对周边生态环境造成不可逆转的破坏,甚至引发火灾、爆炸等灾难性后果。加强钻井安全管理,采取有效的污染防控措施,是维护生态平衡、保障环境安全的必要之举。第三、钻井安全关系到企业的可持续发展,钻井事故不仅会造成直接的经济损失,还会影响企业的声誉和形象,进而影响其市场竞争力。建立健全的钻井安全管理体系,提高安全管理水平,是保障企业稳健发展、实现长期盈利的关键所在^[2]。

3 钻井过程中的井控安全技术的应用

钻井作业是油气勘探与开发的核心环节,而井控安全技术则是确保钻井作业安全、高效进行的重要保障。在钻井过程中,井控安全技术涵盖了井口安全控制、井身井底控制、井下安全监测以及应急处理等多个方面。

3.1 井口安全控制

3.1.1 防喷技术与装置

井口安全控制是钻井过程中井控安全技术的首要环节,其核心在于预防井口事故的发生,确保井口区域的稳定与安全。防喷技术是井口安全控制的重要手段之一。通过在井口设置防喷装置,如防喷器、防喷帽等,可以有效防止井口喷液事故的发生。防喷器通常采用液压或气压驱动,能够在井口压力异常升高时迅速关闭,切断井筒与地层的联系。据统计,使用防喷器可以将井口喷液事故的发生率降低80%以上。优化泥浆参数和控制泥浆循环速度也是防喷技术的重要组成部分。泥浆的密度、粘度等参数直接影响井筒内的压力平衡。通过实时监测泥浆参数,并根据实际情况进行调整,可以确保井底压力始终保持在安全范围内,控制泥浆循环速度可以防止泥浆在井筒内形成涡流,减少井口喷液的风险。

3.1.2 井口围护与警示

井口围护是确保井口区域安全的重要措施。井口围圈应高出地面0.3m以上,并设置防护栏,以防止人员误入井口区域。夜间作业时,应悬挂警示红灯,以提醒作业人员注意井口安全。井口附近应设置警戒区域,并严禁非作业人员进入。这一措施可以有效防止因人员误操作或疏忽而导致的井口事故。据统计,设置警戒区域和警示标志可以将井口事故的发生率降低30%以上。

3.2 井身井底控制

3.2.1 泥浆参数调整与钻进方法

井身井底控制是钻井过程中井控安全技术的关键环节,其核心在于确保井身稳定、防止井底事故^[3]。在钻进过程中,通过实时监测井眼动态参数和物理性质,如泥浆密度、粘度、井眼直径等,可以及时调整泥浆参数和

钻进方法。例如,当井眼直径扩大时,可以增加泥浆的密度和粘度,以提高井壁的支撑能力;当井底压力异常升高时,可以调整钻进速度或暂停钻进,以防止井底事故的发生。据统计,通过实时监测和调整泥浆参数,可以将井眼扩大和塌陷的事故率降低50%以上,选择合适的钻进方法,如旋转钻进、冲击钻进等,也可以有效防止井底事故的发生。

3.2.2 井底防喷器与防突装置

井底防喷器和防突装置是确保井底安全的重要设备。井底防喷器可以在井底压力异常升高时迅速关闭,防止地层流体进入井筒。防突装置则可以在钻进过程中实时监测井底压力变化,当压力异常升高时,及时采取措施防止井底事故的发生。这些设备的使用不仅可以提高钻井作业的安全性,还可以降低事故发生后的损失。据统计,使用井底防喷器和防突装置可以将井底事故的发生率降低70%以上。

3.3 井下安全监测

3.3.1 现代化监测设备

井下安全监测是钻井过程中井控安全技术的重要组成部分,其核心在于实时监测井下异常情况,及时采取应对措施。随着科技的不断发展,越来越多的现代化监测设备被应用于井下安全监测中。这些设备包括井下压力传感器、温度传感器、位移传感器等,可以实时监测井底地层和井筒状态的变化。例如,井下压力传感器可以实时监测井底压力的变化,当压力异常升高时,及时发出警报;温度传感器可以监测井筒内的温度变化,防止因温度过高而导致的设备损坏或火灾事故;位移传感器则可以监测井壁的变化情况,及时发现并处理井壁塌陷等异常情况。

3.3.2 数据分析与预警

通过收集和分析井下监测设备的数据,可以及时发现并预警井下异常情况。例如,当井下压力传感器监测到压力异常升高时,可以立即发出警报,并启动应急预案;当温度传感器监测到温度过高时,可以及时调整泥浆参数或采取其他降温措施。据统计,通过井下安全监测和数据分析,可以将井下事故的发生率降低60%以上。及时发现并处理异常情况还可以降低事故发生后的损失和影响。

3.4 应急处理

3.4.1 应急预案与演练

应急处理是钻井过程中井控安全技术的最后一道防线,其核心在于快速响应和有效处理井口事故,防止事故扩大和蔓延。制定完善的应急预案是应急处理的基

础。应急预案应包括井口事故的类型、原因、危害程度以及应对措施等内容。同时还应定期组织应急演练,提高作业人员的应急处理能力和反应速度。据统计,制定完善的应急预案并定期组织演练可以将事故处理时间缩短30%以上,并有效降低事故造成的损失和影响。

3.4.2 快速响应与有效处理

当井口事故发生时,应迅速启动应急预案,并采取有效措施进行处理。例如,当井口喷液事故发生时,应立即关闭防喷器并切断井筒与地层的联系;当井底事故发生时,应立即调整泥浆参数或采取其他措施防止事故扩大。还应加强与相关部门的沟通和协作,确保应急处理工作的顺利进行^[4]。

4 井控技术在实际案例中的应用与效果分析

4.1 典型井控技术成功案例

案例一:LU8164井井控成功案例;LU8164井井喷事件的成功控制,得益于多项井控技术的有效应用。首先,井控设备的使用起到了关键作用。尽管在事故初期,由于防喷器安装不当(仅安装了4颗螺栓),导致防喷器在高压水气流的作用下中心管及连接法兰底盘严重损坏,但及时采取补救措施,更换并正确安装防喷器,为后续的井控工作奠定基础。其次,技术作业公司迅速响应,制定详细的抢险方案,包括迅速起出电缆抢下油管、组织关防喷器、接放喷管线控制井口等措施,有效遏制井喷事态的进一步恶化。最终,通过压井作业成功平衡了地层压力,避免更大的经济损失和人员伤亡。案例二:陕171井井控成功案例;陕171井作为一口老井重上试气井,其井控工作面临诸多挑战。在钻开水泥塞的瞬间,井内高压气流将残余的水泥塞段及井内钻具全部喷出,但得益于事先制定的周密井控方案,事故得到了有效控制。首先,项目部在接到重上试气任务后,立即组织工艺技术干部讨论钻塞方案,并采用特制的井口装置和钻具结构,制定了详细的安全防范措施。其次,在钻塞过程中,项目部派技术员进行现场指挥,一旦发现异常情况立即停钻,由放喷管线放喷,有效避免井喷事故的发生。最终,通过一系列有效的井控措施,确保试气作业的安全进行。

4.2 井控技术应用效果评估

效果评估一:预防井喷事故;井控技术的有效应用显著降低了井喷事故的发生概率。通过正确安装和使用

防喷器、监测地层压力、及时采取压井措施等手段,可以及时发现并控制井筒内的异常情况,避免井喷事故的发生。例如,在LU8164井井控成功案例中,尽管初期存在设备安装不当的问题,但后续及时更换并正确安装防喷器,以及采取其他有效的井控措施,最终成功控制井喷事态。效果评估二:减少经济损失;井控技术的有效应用还可以显著减少经济损失^[5]。一旦发生井喷事故,不仅会导致钻井设备的损坏和报废,还会造成人员伤亡和环境污染等严重后果。而通过应用井控技术,可以及时发现并控制井筒内的异常情况,避免事故的发生,从而减少经济损失。例如,在陕171井井控成功案例中,通过制定周密的井控方案和采取有效的防范措施,确保试气作业的安全进行,避免因井喷事故造成的经济损失。效果评估三:提高钻井效率;井控技术的有效应用还可以提高钻井效率。通过监测地层压力和钻井液性能等参数,可以及时调整钻井参数和钻井液配方,优化钻井工艺,提高钻井速度和质量,井控技术的应用还可以减少因井筒内异常情况而导致的停工时间和维修成本,进一步提高钻井效率。

结束语

井控安全技术在钻井过程中扮演着至关重要的角色,它不仅关乎作业人员的生命安全,更直接影响到油气勘探开发的效率和效益。随着技术的不断进步和应用的深化,井控安全技术将更加智能化、精细化。未来,应继续加强井控技术的研究与创新,提高井控安全管理水平,确保钻井作业的安全、高效进行,为石油工业的持续健康发展提供坚实保障。

参考文献

- [1]张琛琛.气田地层压力预测方法研究及井控安全对策[J].城市建设理论研究(电子版),2022(10):176.
- [2]赵超.地震资料在海域勘探初期地层压力预测中的应用[J].化工管理,2023,15(04):193-195.
- [3]熊小华.实现钻井作业安全生产的井控技术措施[J].化工管理,2021(17):97-98.
- [4]高嵩.油田井下作业井控技术措施[J].化学工程与装备,2020,No.279(04):55+60.
- [5]于登科.油气田井下作业技术和安全控制的有效路径[J].化工管理,2020,No.553(10):144-145.