钻井井下复杂问题与事故的分析及处理

杨海华（中海油田服务股份有限公司，天津 300452）

摘要：钻井技术是石油开采过程中的最基本也是最重要的一道工序，随着科技技术的发展，钻井技术不断革新，工程难题相继被攻克。本文就我国钻井作业的现状进行简要概述，其次对常见的钻井复杂问题及形成原因进行分析，并基于钻井复杂问题的处理原则对处理方法进行总结，以期提供交流借鉴。

关键词：钻井；复杂问题；事故；分析；处理

0 引言

石油开采也是中国石油的重要来源之一，也是中国石油安全的基本保障。因此，如何进行稳产高产是一个值得关注的课题。在石油开采过程中，由于地质环境复杂，意外问题的出现将会影响石油的正常开采，甚至造成油井报废。因此，有必要对卡钻、落物等复杂井下问题采取一些预防和措施，以保证油田的正常开采。导致复杂地下问题的因素很多，主要是工程设计因素和地质因素。地下复杂问题是客观存在的。只有重视井下复杂问题，积极采取防治措施，才能保证油井长期稳定生产。

1 我国钻井作业的现状

由于中国石油资源相对贫乏，严重依赖油气进口，近年来国际局势动荡，石油安全由此受到威胁。在这样的背景下，加快我国油气资源的开发势在必行。然而，相关研究成果表明，我国海洋和非常规油气藏的钻井和完井面临着技术与现实层面的挑战。

在钻井作业中，由于工程地质因素的影响，容易发生复杂问题，影响正常钻井活动。但是，与发达国家相比，中国在处理复杂问题方面的经验和及时性仍然相对落后。例如，在井下打捞技术方面，中国缺乏经验和人才，专业打捞人才，作业环境复杂，技术难度高，油田井下打捞技术复杂，因此，改进现有的石油钻井工程技术和钻机复杂问题的处理技术及预防措施，对我国油气资源的开发具有重要意义。

2 常见的钻井复杂问题

复杂的钻井问题有多种类型，但常见的问题包括井漏、井塌、缩径、井斜、坠物和储层损害等。如果有上诉问题，如果钻机仍然可以操作，处理起来就相对简单。如果发生卡钻、井喷等问题，钻机失去活动性，无法持续控制，将视为井下事故。这种情况更加复杂，需要专业团队和工程技术的合作。针对不同的井下复杂问题，应采取相应的处理方法，迅速消除问题，恢复正常生产。然而，井下复杂问题的判断更为复杂。我们需要时刻关注钻井状态的变化。最好的处理方法是通过各种迹象及时发现和预防复杂的井下问题。下面简要介绍一些常见的复杂钻井问题：

2.1 井下落物

根据井下落物的特点，主要分为以下几类：①小体

积物体：钢球、螺钉等；②绳索项目：钢丝、电缆等；③杆件：如空心杆、加重杆等；④管件：如油管、钻杆等。对于井下落物问题，应及时打捞，以免影响正常钻井活动。只有根据井下落物的具体情况选择合适的打捞工具，才能有效地进行打捞作业。

2.2 井漏

井漏是指在正常钻井活动中，由于压差的影响，井筒钻井液泄漏到地层中的情况。井漏在现场很常见。如果漏失事故处理不及时，将导致严重后果，导致井喷、井塌、卡钻等钻井事故，甚至报废钻机。造成井漏的因素很多，主要包括钻井液密度过大超过地层承压能力、激动压力过大导致井漏等。

2.3 井塌

引起井塌的因素主要是岩层因素。如果钻机位于流沙或断层带的松散岩层中，很容易发生井塌。该类岩层多为页岩，粘附性差，不稳定。在钻井过程中容易发生坍塌和剥落。造成页岩不稳定的主要因素是粘土矿物的水化，吸水膨胀产生的压力超出岩石的胶结强度极限容易坍塌，最终导致井塌。

2.4 缩径、井斜、储存损害

缩径在钻井活动中极为常见，主要是由于地质因素引起，比如岩层吸水膨胀、流动等都会引起缩径问题，此外工程技术也可能导致缩径问题，比如钻井液密度低，钻屑聚集等。对缩径问题要针对具体原因具体分析，积极采取预防措施。井斜是指在钻井过程方向出现偏差，没有垂直开采，井斜会带来非常大的安全隐患，特别是随着钻井环境的日益复杂，井斜引发的问题越来越突出，因此预防井斜成为重要的问题之一。储层损害指的是进入开采活动后，钻井液等外来物质对储油层造成了污染，导致了储存的理化性质发生变化，影响了开采效率。钻井液是最常见的导致储层损害的物质，对储层损害一定要做到预防为主，因为储层损害一旦出现，就很难挽回。所以，一定要选择合适的钻井技术，防治钻井液造成储存损害。

2.5 套管损坏问题

油井套管损坏受各种因素的影响而产生，其主要表现在挤压变形，扭曲等等，表1为某地区套损井情况统计。

其具体原因大致如下：一是小尺寸井眼段过长、井

身质量较差等致使套管磨损；二是钻井提速所需，因套管制造时间缩短导致质量下降；三是固井质量差，抗内压强度降低，出现试压失败情况。

3 钻井复杂问题的原因分析

通过对常见复杂问题的分析，发现复杂钻井问题产生的主要原因是地质因素和工程因素。在钻井工程中，如果钻井设计、生产方案、钻井液和钻头使用与实际不符，很容易导致复杂的钻井问题，而钻井活动中的地质变化是导致复杂钻井问题的另一个重要因素。

3.1 工程因素

钻井作业是一种隐蔽的采矿活动，安全第一是最基本的作业原则。然而，一些小企业为了追求利益，往往对安全生产没有很好的认识。开采过程中没有对地质条件进行科学的勘探，或者开采过程中没有严格按照开采要求进行工艺方案的设计和规划，这就为出现复杂的钻探问题创造了条件。在采矿中，无论地层特征如何，钻井速度都过快；过分强调节约钻井液或钻井液性能与地质条件不匹配，会导致井下复杂问题，甚至钻井事故。工程因素多为人为因素，必须加强管理，提高钻井队的业务能力，才能有效降低工程因素的影响。

3.2 地质因素

钻井作业本质上是一种地质开采活动，其本身的过程对地层具有破坏性影响。在破坏过程中，保持地质构造的一段时间的稳定，实现石油的开采是一项钻井作业活动。在开采过程中，由于钻井活动，地层中的各种压力会发生变化，如孔隙压力、裂变压力等，特别是对于特殊地层，如盐膏、软质泥岩地层，这种地质构造的承载力较差。一旦暴露，在压力作用下会流动和变化，导致地质构造的变化。因此，全面、科学地评价钻探区的地质构造，提前规划钻探路线和对策，是防止地质因素影响的关键。地压变化是一个综合系统，必须从全局的角度进行分析。

4 钻井的复杂问题相关处理原则

4.1 快速原则

由于井下环境比较复杂，若问题没能第一时间解决，情况将会恶化。以井漏为例，该问题将会加剧井塌、开喷的可能性，进而导致卡钻现象。因此需要秉承安全第一的原则，在最短的时间内作出决策并组织施工，确保工程有序衔接开展。此外井下的环境动态变化，对现有方案进行修改也是比较常见的，对此制定备用计划还是很有必要的，争取在最短的时间内完成问题的解决。

4.2 安全原则

井下复杂问题形式多样，所采取的处理方法也不尽相同。但在常规钻井中，操作人员与处理工具之间并未建立起良好的接触关系，而处理问题的过程中需要使用更多诸如扭转、压力、张力等加强方式，这些力又会强化到工具上，这样一来又容易引发二次事故，造成设备损毁甚至人员伤亡。因此在处理井下复杂问题之前，应该对工具、人员、技术、方案等进行综合考量。

4.3 经济原则

井下复杂问题亦有大小之分，有些复杂问题固然可以处理，但一套流程操作下来将会耗费巨大的人力与财力，而部分复杂问题看似不太处理，但处理完后又会产生新的问题。因此在问题发生后、下井处理前做好评估，若修复难度或所需时间、财力等超出预期，就应该及时止损，防止造成资源浪费。

4.4 灵活原则

井下复杂问题的处理方法并无固定的套路可以遵循，在处理过程中要注意问题的关键信息，并根据实际情况调整处理方案，不能墨守成规。要在充分尊重客观事实的基础上做到灵活变通。

5 结语

综上所述，钻井故障与井下复杂问题容易影响到石油天然气的勘探开采，做好问题的分析与处理有利于提高石油的开采率。也正是因为如此，根据复杂问题的实际制定处理方案是十分必要的，相信在不久以后的将来，石油的钻井技术将会随着科学技术的发展而不断进步。

参考文献：

- [1] 赵峰. 钻井复杂问题的预防措施与处理原则 [J]. 化工管理, 2020, 57(30): 197-198.
- [2] 徐进, 胡大梁, 任茂, 等. 川西深井井下复杂情况及故障预防与处理 [J]. 石油钻探技术, 2010(04): 26-29.
- [3] 周轶鹏. 空气钻井过程中井下复杂问题处理方法 [J]. 当代化工研究, 2016(05): 90-91.
- [4] 李美涛. 井下几种常见复杂情况与事故处理 [J]. 当代化工研究, 2016(02): 63-64.
- [5] 杜槟, 林圣明. 常见井下复杂情况与事故处理 [J]. 地球, 2014(10): 45-45.
- [6] 武达洲. 钻井井下事故的种类, 预防与处理 [J]. 中国科技博览, 2019(24): 1.
- [7] 姬智. 川西石油深井井下复杂情况及故障预防与处理 [J]. 中国石油和化工标准与质量, 2018, 38(15): 134-135.

表1 某地区套损井情况统计

井号	事故类型	发现过程
1号井	Φ193.77mm 套管磨损	全井眼清水试压至 16MPa, 井内泄漏经检测发现卓 193.7mm 套管在 2386.4~2388.7m 井段变形、磨损较严重
2号井	Φ177.8mm 套管磨损	试压不合格, 井口套管呈椭圆形偏磨, 15.7~67.1m 井段处套管存在两个或两个以上漏点
3号井	Φ193.7mm 套管短路循环	因 2650~2700m 套管段发现漏点, 固井时井口即返出水泥浆混浆
4号井	Φ177.8mm 套管磨损	采用清水压裂施工, 发现井口段套管破损, 检测发现 3788~3791 和 4265.4~4266.3m 井段及井深 3663m 处套管变形
5号井	Φ193.7mm 套管刺漏	全井筒试压至 70MPa, 稳压 25min 后骤降至 26MPa。经检测, 发现井深 2539m 处存在漏点