

欠平衡作业和控制压力钻井作业方式的分类与选择

杨顺辉

(中国石油化工股份有限公司石油工程技术研究院,北京 100101)

摘要:随着欠平衡作业和控制压力钻井应用的不断推广,为了更好的对这两项技术进行控制和管理,国际钻井承包商协会下属的UBO/MPD委员会对这两种技术按照风险等级、作业类别和流体系统进行了分类,共分为6级、3类、5种。首先介绍了这种分类体系,然后分别对欠平衡作业和控制压力钻井这两类作业方式的作业目的、流体类型选择、优缺点以及适用范围进行了分析评价。以期通过以上论述,为在具体施工作业中选择合适的钻井方式提供依据。

关键词:欠平衡作业;控制压力钻井;空气钻井

中图分类号:TE249 **文献标识码:**A **文章编号:**1672-7428(2010)03-0008-03

Classification and Selection of Underbalanced Operation and Managed Pressure Drilling/YANG Shun-hui (SINOPEC Petroleum Engineering Research Institute, Beijing 100101, China)

Abstract: Along with the continuous extension for application of underbalanced operation and the managed pressure drilling, in order to furtherly carry on the control and the management to these two technologies; according to the risk grade, application category and fluid system, UBO/MPD committee subordinating to International Association of Drilling Contractor classified these two technologies into 6 levels, 3 categories and 5 systems. The paper firstly introduced classification system; analysis and appraisal were separately made on the underbalanced operation and the managed pressure drilling methods about the operation goal, fluid type choice, advantages and disadvantages as well as the applicable scope, so as to provide basis for selecting proper drilling method in construction operation.

Key words: underbalanced operation; managed pressure drilling; air drilling

0 前言

随着已发现油气资源的日渐衰竭,对更深更复杂地层的勘探开发活动越来越多,而在钻探这些深层复杂地层时,常常出现许多如井涌、井漏、有害气体泄漏、卡钻、起下钻时间过长等钻井复杂问题。采用欠平衡作业(Underbalanced Operation,简称UBO)和控制压力钻井(Managed Pressure Drilling,简称MPD)技术可以有效地解决上述问题。欠平衡作业技术始于20世纪80年代,随后迅速在世界各地推广应用,该项技术随着井口旋转防喷器和井下控制阀的发展而得到了进一步的推广,控制压力钻井技术最早于2004年IADC/SPE阿姆斯特丹钻井会议上被提出,该项技术更侧重于井底压力的精确控制,和欠平衡作业各有侧重,由于这2项技术可以有效解决多种井下复杂问题,降低非生产作业时间,因此目前在国内外得到了广泛的应用。

根据早期的国际标准,UBO作业时按风险等级分为6级,从0级(固有安全)至5级(突然设备故障会导致直接严重后果)风险依次递增。每级又细

分为若干亚类。目前国内的欠平衡作业应用已经非常广泛,我国也出台了《欠平衡钻井技术规范》(SY/T 6543.1-2008),而对于控制压力钻井这一新兴技术目前国内尚无行业标准,且国内的分类也比较混乱,有的从用途出发将控制压力钻井分为5级^[1],有的从应用形式来分,将控制压力钻井分为井底常压MPD、双梯度MPD、加压泥浆帽MPD等^[2]。分类形式的混乱不利于广大石油工作者对该项技术的进一步认识,更不利于国际交流。国际钻井承包商协会(IADC)下属的UBO/MPD委员会对这两种技术按照风险等级、作业类别和流体系统进行了分类,共分为6级、3类、5种,采用此种分类方法能更深入的了解技术内涵,同时能按统一标准进行国际间的交流与合作。

1 IADC关于欠平衡作业和控制压力钻井的分类

国际钻井承包商协会关于欠平衡作业和控制压力钻井的分类主要是描述风险等级、应用类别和流体系统,油井分类主要依据:

收稿日期:2009-12-01

基金项目:国家“863”课题“超深井钻井技术研究”(项目编号:2006AA06A109-3-2)的部分研究成果

作者简介:杨顺辉(1973-),男(汉族),河南洛阳人,中国石油化工股份有限公司石油工程技术研究院高级工程师,石油钻井专业,硕士,从事欠平衡钻井、控制压力钻井、液动射流冲击器、可膨胀波纹管等方面的研究工作,北京市朝阳区北辰东路8号北辰时代大厦502,ysh@sinopd.com。

- (1) 风险等级(0~5);
- (2) 应用类别(A、B 或 C);
- (3) 流体系统(1~5)。

这种分类系统主要是为确定最小的设备需求、特殊的操作程序以及安全管理措施提供一个框架。补充材料包括 IADC 欠平衡作业 HSE 指南以及其它相关文件。

1.1 风险等级

通常风险随着作业的复杂性和油井产能的提高而增加,下面的例子仅提供指导性说明。

0 级——仅仅提高钻井效率,不涉及油气层。例如利用空气钻井提高机械钻速。

1 级——油井靠自身压力无法流到地面。油井是稳定的并且从井控的角度来看风险较低。例如低于正常压力系统的油井。

2 级——油井依靠自身压力可以流到地面,但是可以通过常规的压井方法进行控制。如果发生灾难性的设备失效仅能带来有限的影响。例如异常压力水层、低产的油井或气井。

3 级——地热井和不产油气的井。最大预计关井压力小于欠平衡作业/控制压力钻井设备的承压能力。包括含硫化氢的地热井。

4 级——含油气地层。最大预计关井压力小于欠平衡作业/控制压力钻井设备的承压能力。如果发生灾难性设备失效可能会导致严重后果。例如高压或高产油藏、酸性油气井、海洋环境、同时钻井和生产的作业。

5 级——最大预计关井压力大于欠平衡作业/控制压力钻井设备的承压能力。如果发生灾难性设备失效可能会立即导致严重后果。例如任何最大预计关井压力大于欠平衡作业/控制压力钻井设备承压能力的井。

1.2 应用类别

A 类——控制压力钻井,泥浆返回到地面,保持环空内当量泥浆密度等于或大于裸眼井段孔隙压力。

B 类——欠平衡作业,流体返回到地面,保持环空内当量流体液密度小于裸眼井段孔隙压力。

C 类——泥浆帽钻井(MCD),泥浆和岩屑进入漏失地层而无法返回到地面,在漏失层上面的环空内保持一段泥浆液柱。

1.3 流体系统

(1) 气体——气体作为流动介质,没有液体进入。

(2) 雾状流——有液体进入,气体为连续相,典型的雾状流液体小于 2.5%。

(3) 泡沫——液体为连续相的两相流,泡沫来源于液体中添加的表面活性剂和气体。典型的泡沫包含 55% 到 97.5% 的气体。

(4) 充气液体——流体中还有气泡的钻井液体体系。

(5) 液体——钻井液中仅含有单相液体。

如果一口井采用 MPD 方式,流体系统选择液体且最大预计关井压力大于欠平衡作业/控制压力钻井设备的承压能力,则这口井被分为:5 级, A 类,流体类型 5,或者 5A5。

2 欠平衡作业方式的选择

欠平衡作业是指在钻井过程中,井筒环空中循环介质的井底压力低于地层孔隙压力,允许地层流体有控制的进入井筒,并将其循环到地面进行有效处理的钻井技术^[3,4]。从上面描述可以看出,欠平衡作业和常规钻井作业最大的区别在于井底压力低于地层孔隙压力,地层有流体产出,该项技术在提高勘探开发水平、降低作业成本、保护油气层等许多方面具有极大的优势。

2.1 欠平衡作业的优点与局限性

2.1.1 欠平衡作业的优点

首先该项技术能有效地减少地层伤害,在欠平衡作业过程中驱使钻井液中固相和液相进入地层的正压差消除了,因此有效地减少了有害物质对近井地带的污染,保护了油气层。其次由于井底压力低于地层的孔隙压力,避免了井漏现象的发生,特别是对于低压、有裂缝或溶洞的高渗油气藏,能够有效的降低作业成本,同时减少了压差卡钻事故的发生。另外利用欠平衡钻井过程中“边钻边喷”的特性可以在钻井阶段就对油气藏进行评价,求取产液指数、渗透率等油藏特性参数。欠平衡作业在提高机械钻速方面也表现突出,特别是在空气或泡沫钻井过程中和钻井液钻井相比机械钻速能提高 4~10 倍,低密度钻井液也可以提高机械钻速 20%~40%。

2.1.2 欠平衡作业的局限性

欠平衡作业的局限性主要表现在井壁失稳,钻井液易受到污染,对于产气的井容易发生井下着火和井下爆炸,严重时甚至发生钻杆和钻铤断裂,导致井下恶性事故的发生。另外采用欠平衡作业对井控也要求更高,产出物的速度过大,地面设备的处理能力以及旋转防喷器的控制回压过高等一系列因素都

使得欠平衡作业的井控相对于普通的井控有更高的设备要求和技术要求。

2.2 欠平衡作业方式的优选

欠平衡作业主要应用于油气田的评价与开发,然而并非所有的油气井都适合欠平衡作业,在对一口井进行欠平衡作业前必须经过详细的论证,国际大型石油公司如 Weathford、BP、Schlumberger 等都有的一套严格的筛选程序,对多种因素进行综合评价分析,包括:地层的伤害机理、井壁稳定性、井漏程度预测、地层孔隙压力和坍塌压力、地层流体及施工风险, Schlumberger 公司还对欠平衡作业的增产效果进行预测为欠平衡钻井的经济性提供数据支持。

当确定能使用欠平衡作业后,进而对井口设备和流体类型进行优选,通常气体包括空气、天然气和氮气钻井密度适用范围 $0.001 \sim 0.01 \text{ g/cm}^3$;雾状流密度适用范围 $0.01 \sim 0.03 \text{ g/cm}^3$;泡沫密度适用范围 $0.03 \sim 0.6 \text{ g/cm}^3$;充气液体密度适用范围 $0.6 \sim 1.0 \text{ g/cm}^3$;液体密度大于 1.0 g/cm^3 。

3 控制压力钻井和欠平衡作业的对比分析

国际钻井承包商协会控制压力钻井分委员会将 MPD 定义为“是一种应用钻井工艺,用于精确控制整个井眼的环空压力分布,其目的是确定井下压力窗口,并根据压力窗口控制环空压力分布。”该技术主要是通过通过对回压、流体密度、流体流变性、环空液位、水力摩阻和井眼几何形态的综合控制,使整个井筒的压力维持在地层孔隙压力和破裂压力之间,进行平衡或近平衡钻井,有效控制地层流体侵入井眼,减少井涌、井漏、卡钻等多种钻井复杂情况,非常适宜孔隙压力和破裂压力窗口较窄的地层作业。

控制压力钻井和欠平衡作业有着类似之处,许多 UBO 设备同样适用于 MPD 作业,且 MPD 发展初期主要依靠 UBO 理论和设备,但是这两种工艺从应用目的、设备配置、工艺方法与地质工程效果等方面均有一定区别。

(1)两种工艺技术对井底压力大小的控制不一样。MPD 方式下井底压力大于或等于地层的孔隙压力,而 UBO 方式下井底压力小于地层的孔隙压力,这样就导致了在 MPD 钻井过程中地层没有流体产出,而 UBO 方式则是“边喷边钻”。

(2)两种工艺技术的施工目的不一样。UBO 钻井主要解决储层伤害问题,提高机械钻速;而 MPD 则是一种解决钻井复杂问题的作业方法,主要是为了解决窄安全密度窗口带来的井漏、井塌、卡钻、井

涌等井下复杂问题,因为作业时采用闭式压力控制系统,更适用于控制井涌,通过动态压力控制或自动节流控制,可以快速控制地层流体侵入井内,安全性高。

(3)UBO 和 MPD 所需设备存在一定区别。大多数情况下,UBO 设备可用于 MPD,而为 MPD 所设计的分离设备的处理能力较小,但其它配套设备更为复杂。UBO 钻井中所采用的辅助流动管线、储备罐及地质取样设备在 MPD 钻井中不需要,MPD 还需增加密闭循环系统、CCS、举升泵等,以精确控制井底压力。

(4)UBO 能够获得地层地质特征参数与综合地质分析;而 MPD 是将地层流体压制在地层中,因此对产层的识别以及岩石物性不能直接进行评估,但可通过随钻测井(LWD)和随钻测量(MWD)仪进行储层评估^[5,6]。

4 控制压力钻井适应性评价

通过对 MPD 和 UBO 两种钻井工艺的对比分析可以看出,MPD 钻井工艺技术更注重对井底压力的精确控制,主要适用于钻井液密度窗口小的井况条件,主要包括衰竭油藏的调整井、含有多套压力层系,喷漏同时出现的裸眼段以及海上复杂地层的钻进。

5 结语

采用 IADC 关于欠平衡作业和控制压力钻井的分类方法有助于这两项技术的国际合作和进一步推广应用,在实际应用前应针对具体的井况、层位进行详细的论证分析,最大限度地发挥两种工艺技术的特点,选择合适的钻井方式。

参考文献:

- [1] 周英操,崔猛,查永进.控压钻井技术探讨与展望[J].石油钻探技术,2008,36(4):1-4.
- [2] 王果,樊洪海,刘刚,等.控制压力钻井技术应用研究[J].石油钻探技术,2009,37(1):34-38.
- [3] 杨虎,王立国.欠平衡钻井基础理论与实践[M].北京:石油工业出版社,2009.
- [4] 周英操,翟洪军.欠平衡钻井技术与应用[M].北京:石油工业出版社,2003.
- [5] 向雪琳,朱丽华,单素华,等.国外控制压力钻进技术[J].钻采工艺,2009,32(1):27-30.
- [6] 朱丽华.控制压力钻井技术与欠平衡钻井技术的区别[J].钻采工艺,2008,31(5):136.