

深部盐膏层安全钻井技术的 现状及发展方向研究*

吴应凯¹ 石晓兵¹ 陈平¹ 聂荣国¹ 李黔¹

杨国懿² 吴晓明³ 滕国权³

(1.“油气藏地质及开发工程”国家重点实验室 2.四川石油管理局川中矿区 3.大港油田分公司)

吴应凯等.深部盐膏层安全钻井技术的现状及发展方向研究.天然气工业,2004;24(2):67~69

摘 要 深部盐膏层钻井是钻井工程重大技术难题之一。钻井界经过长期的实践和不断的研究已经形成一套成熟实用的钻盐膏层技术,但是仍然需要进一步发展。文章对盐膏层安全钻井技术的现状进行了阐述,并针对深部盐膏层钻井的技术难题提出了今后应研究和解决的主要技术课题(盐膏层地质力学、随钻扩眼、井漏和压差卡钻、套管挤毁或变形、盐膏层蠕变规律等方面的研究),对深部盐膏层的安全钻井具有重要的指导作用。

主题词 深部盐膏层 蠕变 安全钻井 现状 趋势 研究

深部盐膏层钻井是钻井工程重大技术难题之一,由于盐膏层岩石性能的特殊性,盐膏层钻井、完井工艺复杂,井下事故频繁。特别是当钻开井眼后盐膏层蠕动,常造成井眼失稳、卡钻、固井后挤毁套管等事故,给钻井带来重大经济损失。对于深部复杂地质条件下的深井、超深井,盐岩层的影响是国际性的难题^[1,13]。

深部盐膏层钻井技术现状

(1)提高钻井液的密度来抑制盐层的蠕变。由于盐层易产生蠕动,钻进时易卡钻、固井后易将套管挤扁损坏。因此钻进时,钻井液密度要按盐岩层蠕变曲线确定,一般井越深、温度越高,盐岩层越厚,钻井液密度越大^[17]。防止套管损坏,要提高抗挤力。

和起下钻阻力越小。因为:虽然井深增加使钻柱长度增加,但同时也导致了井身轨迹倾斜度减少,使钻柱分布正压力减小。两个因素综合作用的结果还是减小了摩阻力矩和起下钻阻力。

参 考 文 献

- 1 龚伟安.定向井采用曲线井眼轴线的理论研究.石油钻采工艺,1986
- 2 杜成武,张永杰.悬链线剖面一定向井新技术.石油钻采

采用合适的钻井液密度平衡地层压力,防止盐膏层和泥岩的塑性蠕变,这仍然是目前乃至今后基本的技术。但是可能存在如下的问题:①储层与盐膏层处于同一裸眼段时,高密度的钻井液对录井的影响显著;②盐上或盐下存在低压易漏地层时,提高钻井液密度的极限必然会受到限制;③盐上或盐下存在有砂岩粘附卡钻时,提高钻井液密度具有卡钻的风险。

(2)使用欠饱和盐水钻井液体系。采用欠饱和盐水钻井液体系,控制 Cl^- 含量,并维持钻井液的含盐饱和特性。使用欠饱和盐水钻井液在钻开盐层后,可使盐岩发生部分溶解,从而有效地防止盐膏层塑性蠕变、缩径造成卡钻^[2]。

以前钻盐高层时曾使用过饱和盐水钻井液,

工艺,1987

- 3 韩志勇.悬链线剖面的实用设计方法.石油钻采工艺,1987
- 4 运志森.定向井二次抛物线设计及现场应用.石油钻采工艺,1987
- 5 吴迪光.变分法.北京:高等教育出版社,1987
- 6 Sheppard M C. Designing well paths to reduce drag and torque. SPE15463, 1986

(收稿日期 2003-08-06 编辑 钟水清)

* 本文系新疆石油管理局科技攻关项目“小井眼扩眼技术研究”的部分内容。

作者简介:吴应凯,1963年生,高级工程师,西南石油学院在读博士,克拉玛依钻井公司总工程师;从事钻井工程和技术的管理等工作。地址:(610500)四川省成都市新都区。电话:(028)83032736。

防止井径扩大,提高注水泥的质量。这样的体系不仅钻井液性能维护困难,而且盐膏层不溶解,容易缩径卡钻。而采用欠饱和盐水钻井液,允许盐层适当溶解,从而补偿缩径,减少了反复卡钻的风险,在现场实际中已广泛应用^[2,3]。

(3)控制一定的机械钻速、加强划眼,加强短起下钻措施、钻柱不带稳定器、不用 PDC 钻头、只使用牙轮钻头。这些措施的功效较低,并仍然存在风险。在某些蠕变作用很强的软泥岩、岩盐或膏盐层钻井时,发生瞬变缩径,导致扭卡或钻头不能上提的井下复杂事故。

(4)套管挤毁或变形。盐岩在比较高的温度和压力下具有塑性流动的特性,因此当在盐发生塑性流动的井段,环空水泥充满程度差或未固井,盐流向无水泥空间运动,即发生单向流动,尤其当盐膏层的厚度不规则而且具有较大的倾角时,危险性更大,会使套管弯曲,产生横向推力和轴向的拉伸载荷,这时套管的横向外载不仅是非均匀的,而且又是非对称的。套管承受这种严重的非均匀和非对称载荷作用,很容易发生损坏^[5]。套管挤毁或变形可能是下面三种情况:①技术套管挤毁,井眼报废;②技术套管变形,被迫使用较小尺寸的钻头,不能满足钻探的目的;③油层套管挤毁,卡油管,造成修井或井报废。不管是属于哪种类型的井,绝大多数挤毁或变形都发生在注水泥井段。采用非 API 标准的特厚壁套管是防止盐膏层挤毁套管的有效措施之一。

(5)盐膏层蠕变规律的研究方法。岩石力学领域中,人们对天然岩盐的蠕变性质较其他岩石作了较早和更加详细的研究。与其他材料一样,应力历史对岩盐的力学性质的影响也表现为弹性迟滞现象和弹性后效现象^[3]。盐岩是常见的工程对象,虽大致规律基本相同,如围压的升高使得岩盐的强度、弹性模量和波松比有增加的趋势;温度、应力水平与盐的蠕变特性密切相关;温度升高和应力水平的增高都使得岩盐的蠕变速率增加;在给定的温度和围压条件下,岩石蠕变各阶段的特征和转化条件与应力水平密切相关;不同应力、温度条件下的岩盐的蠕变规律取决于不同的变形机制;岩盐蠕变本构关系式中的激活能与温度有关。变形机制的不同会导致随温度增加激活能连续或非连续增加,盐岩中的杂质成分对激活能的影响十分复杂^[4]。国内外对盐层蠕变都进行了大量的研究,有的具有理论和学术意义。

但具有可操作性的研究成果较少。尤其是对深部高温高压盐膏层的蠕变规律研究甚少。

发展方向

(1)应用基础研究。盐膏层地质力学的研究是促进该技术进步的重要环节。深部盐膏层蠕变行为的现场测试方法及岩土力学反演,将为盐层蠕变速率预测、安全钻井时间、套管设计等提供科学的依据^[7]。另外,盐水钻井液饱和度、盐膏溶解缩径与蠕变缩径耦合模型的研究与应用,也是一个急需解决的课题。

(2)随钻扩眼防止缩径阻卡及钻后扩眼提高注水泥质量。随钻扩眼钻出的井眼比钻头直径大 5~8 mm,实现不套划眼,起钻不倒划眼,降低钻井风险,提高机械钻速。固井质量差的关键问题是水泥环太薄,间隙太小,不可能外套套管扶正器,致使套管不居中,难免会有注水泥窜槽。调整水泥性能和改善固井工艺来满足固井质量的余地很小,只有依靠扩眼增大水泥环厚度。为了保证固井质量,可以从环空间隙做工作即采用扩眼作业。

传统扩眼作业是先钻出井眼,然后利用扩眼器扩眼。其特征是双作业高成本作业方式。而更为先进的方式是采用双心钻头同时钻进和扩眼。由于双心钻头的一体式设计以及领、扩眼工作面尺寸的限制,导致领眼与扩眼寿命不一致,而使双心钻头总体寿命下降,钻井成本增加。此外双心钻头领眼和扩眼间间距短,钻进时往往由于偏心力不足,造成扩眼尺寸达不到要求,井眼不规则。

立足于双心随钻扩眼钻头取得的进展,针对双心钻头存在的不足,国内外钻具公司开发了随钻扩眼工具。这一新概念的主要特点则是:可更换领眼钻头,高度强化扩眼工作面的扩眼能力,灵活的领、扩眼间的钻具组合。如 DBS 公司新开发了一种同心扩眼器,简称 NBR(近钻头扩眼器),其工作原理为用钻头压差推动活塞及刀片外伸,用于防止直井和定向井井下阻卡。国内外都实践过先全面钻进,然后用可伸缩式扩眼器或双中心 PDC 钻头扩眼。国内大港等油气田曾自己设计制造或从国外购买臂伸式扩眼器,但扩眼器臂卡、断、掉牙轮等复杂和事故多。虽然先钻后扩有上述缺点,但在随钻扩眼还没有发展到绝对的优势之前,仍然是需要研究和发展的—项技术。钻后扩眼可以保证下套管的安全和

提高注水泥质量。

(3)提高低压地层承压能力,防止井漏和压差卡钻。当长裸眼段发生井漏时,可注入大量桥堵剂加压挤入、关井、静后,再加压挤入,直至不漏为止。如果要确定漏层位置,可采用浅、深侧向测井或成像测井找出漏层位置。在深部盐膏层钻井,需要研究以下情况的提高地层承压能力相关技术:①套管鞋试漏后提高二次破裂承受压力的能力;②随钻封堵提高地层的承压能力;③目的层确定后的钻后提高地层承压能力;④砂岩段提高承压能力,同时具有形成屏蔽环、降低压差卡钻的作用。

(4)深部高温高压盐膏层套管强度问题。套管在均匀外挤力作用下具有很高的抗挤强度,但是在非均匀水平外在载作用下,其抗挤强度明显降低。因此,研究盐膏层地质力学和评价两向水平挤压力差对设计合理的厚壁套管至关重要。目前通过提高套管制造的精度和降低套管的残余应力而获得高抗挤套管和特厚壁套管都属于非API标准系列。研究适合深部高温高压盐膏层的套管设计方法;采用非API标准特厚壁套管提高盐膏层段的抗挤强度及螺纹联结技术。

结 束 语

深部复杂地质条件下的盐膏层安全钻井是国际性的难题,钻井界经过长期的实践和不断的研究已经形成一些成熟实用的钻盐膏层的技术,但是仍然

需要进一步的发展,以达到安全经济、提高钻探成效和油气田开发整体效益的目的。研究深部盐膏层蠕变缩径规律,获得一套可靠现场测试技术,为防止阻卡、安全下套管和套管设计提供可靠的依据,形成一套防止深部盐膏层套管挤毁的设计技术。采用合适的原理和技术,提高地层承压能力,为采用重泥浆钻进防漏、防粘附卡钻创造条件。在安全钻穿盐膏层,保证固井质量和下套管安全方面,随钻扩眼技术和钻后扩眼技术是切实可行的。

参 考 文 献

- 1 徐朝仪等.塔北深探井厚膏层蠕变地层钻井技术.钻采工艺,1997;20(1)
- 2 瞿扬等.白云岩及盐膏层安全钻井技术.钻采工艺,2001;24(3)
- 3 金衍等.盐膏岩地层的井眼缩径变形分析.石油大学学报(自然科学版),1999;23(2)
- 4 金衍等.盐岩地层井眼缩径控制技术新方法研究.岩石力学与工程学报,2000;6(增刊)
- 5 何开平等.盐膏层蠕变粘弹性流体模型及有限元分析.石油学报,2002;23(3)
- 6 曾义金等.钻井液密度对盐膏层蠕变的三维分析.石油钻采工艺,2001;23(6)
- 7 韩建增等.一种盐岩层蠕变参数的现场评价方法.西南石油学院学报,2001;23(3)

(收稿日期 2003-08-28 编辑 钟水清)