

我国西部地区超深井钻井取心技术

王兴武¹ 李让¹ 王万红²

1. 中石化中原石油勘探局钻井工程技术研究院 2. 中石化中原石油勘探局塔里木钻井公司

王兴武等. 我国西部地区超深井钻井取心技术. 天然气工业, 2010, 30(11): 63-66.

摘要 超深井取心收获率的高低受地层岩性、取心工具及工艺技术措施等因素影响很大。针对我国西部地区超深井段钻井取心地层可钻性差, 研磨性强, 井温高, 循环压力高, 井底沉砂造成堵心, 井深复杂情况多且判断困难、地层裂缝发育、取心工具失稳等方面的难点, 根据超深井取心的实践, 总结了在该区超深井取心作业中涉及取心前准备、下钻、树心及取心钻进、割心、起钻等各个环节的技术措施, 介绍了塔深1、元坝3、于奇6等3口井在超深井段取心工具选择、取心措施制订、取心层位岩性确定、钻具组合优选、钻井参数优化、提高岩心收获率等方面所取得的经验; 进而提出旨在提高我国西部地区超深井段取心收获率的建议: ①优选取心工具和取心钻头; ②制订具有针对性的技术措施; ③选用动力工具进行取心等。

关键词 中国西部地区 超深井 钻井 取心 工具 技术措施 收获率 建议

DOI: 10.3787/j.issn.1000-0976.2010.11.017

近年来, 随着深层找油找气力度的加大, 我国西部地区所钻超深井越来越多, 担负为地质分析提供重要第一手资料的超深井段钻井取心工作就显得尤为重要。实践表明, 取心收获率的高低受地层岩性特征、取心工具类型以及取心工艺技术措施等因素影响很大^[1], 需要根据取心井的地层岩性、井眼尺寸及取心工艺要求进行分析, 选择合理的取心工具及钻头, 制订切实可行的工艺技术措施, 才能达到较好的取心效果。我国西部地区超深井段钻井工作存在着取心地层可钻性差, 研磨性强, 井温高, 循环压力高, 井底沉砂造成堵心, 井深复杂情况多且判断困难、地层裂缝发育、取心工具失稳等难点, 制约了取心收获率的提高。为此, 对该区3口超深井——塔深1、元坝3、于奇6井超深井段取心实践进行了分析总结, 提出了有针对性的超深井段取心技术措施, 以期提高取心收获率。

1 西部地区超深井钻井取心的难点

深部岩石受高应力场和变化温度场的共同影响: 一方面温度场影响岩石材料的物理力学性质以及温度

场的变化导致热应力问题; 另一方面是与岩石材料变形有关的热力学参数变化以及内部能量耗散过程对温度场的影响使岩石硬度增加、塑性增强^[2]、研磨性增大。

1) 地层埋藏深, 可钻性差, 研磨性强, 取心钻速慢^[3]。

2) 循环压力高, 容易刺坏取心工具及钻具。若不能及时发现, 将会造成井下事故。

3) 井底沉砂易造成堵心和磨心。由于取心作业受钻井液排量不能过高和割心后不能长时间循环的制约, 以及超深井起下钻时间长、钻井液密度高等因素影响, 泥饼相应增厚, 易造成井底沉砂过多。在取心时井底沉砂和泥饼首先进入内筒, 容易造成堵心和磨心, 严重影响取心收获率。

4) 井深复杂情况多, 判断井下情况困难。超深井钻井取心由于受井身结构限制, 一般情况下裸眼段长, 上提下放钻具摩擦大, 钻具弹性变形拉伸量大, 给准确判断井下情况带来困难^[4-5]。同时, 钻遇岩性多变, 非均质严重, 同一井段可能包括压力梯度相差较大的地层压力体系和复杂地层, 使井下发生缩径、坍塌、掉块、

基金项目 国家高技术研究发展计划(863计划)课题“超深井钻井技术研究”(编号: 2006AA06A109)。

作者简介 王兴武, 1958年生, 高级工程师; 1982年毕业于原华东石油学院钻井工程专业; 从事钻井技术管理与研究工作, 现任中原油田钻井工程技术研究院副院长。地址: (457001)河南省濮阳市中原油田中原路59号。电话: (0393)4890497, 13629866766。E-mail: wangxw666888@sina.com

漏失等复杂情况,影响取心工作的正常进行。

5)地层裂缝发育,岩心破碎易造成堵心磨心。储层段岩性裂缝、溶洞发育,岩性裂缝呈网状分布,溶洞、溶孔与裂缝连通,岩性破碎、岩心成柱性极差。取心钻进时不利于岩心形成,易造成堵心、磨心,除影响取心收获率外,还造成岩心出筒困难。

6)超深井易造成取心工具失稳,影响取心收获率^[6]。取心钻进中受井眼尺寸、钻具结构、岩性变化、扭矩变化、钻具旋转等因素影响,钻具稳定性差。导致岩心柱薄弱部位岩心碎块脱落,卡在内筒与岩心柱之间,造成磨心,从而降低了取心收获率。

2 西部地区超深井取心技术措施

根据我国西部地区超深井钻井取心技术实践,针对超深井段取心面临的诸多难题,超深井段取心除了常规取心应注意的问题外,还推荐如下技术措施。

2.1 取心前的准备

1)取心工具的选择:根据所钻井眼尺寸及取心技术要求选择相应尺寸的取心工具,对于井眼和取心筒之间间隙较大的井,应选择带稳定器的取心工具,以增加取心工具运转的平稳性。对于破碎性地层应选择一把抓式岩心爪,岩心爪的尺寸须符合要求,岩心爪的强度要高,防止破碎的岩心将岩心爪顶坏或使其变形。

2)取心钻头的选择:根据地层特性,优选机械钻速较高、研磨性强的取心钻头。根据现场取心经验,PC328、SC226 钻头使用效果较好。

3)井眼准备:井身质量和钻井液性能符合设计要求,井眼畅通,井壁稳定,无阻卡、掉块、坍塌,井下无落物、漏失、溢流等复杂情况。对于起下钻遇阻严重的井段,要坚持短程起下钻,并认真进行划眼,确保井眼畅通。

2.2 下钻

1)控制下钻速度,防止裸眼卡取心筒。裸眼井段下钻速度要求控制在 15~20 m/min 为宜,操作平稳,严禁猛砸、猛放、猛顿和硬压。下钻遇阻不得超过 50 kN,不允许用取心工具长时间循环,划眼强下。

2)下钻中途循环钻井液,防止憋漏地层。为防止下钻到底开泵时泵压过高、憋漏地层或开泵困难,下钻中途要分段循环,以减少钻井液的静切力,利于开泵。

3)充分冲洗井底,防止堵塞工具通道。下钻距井底 5 m 左右,缓慢开泵循环钻井液,低速旋转转盘,缓慢划眼到底,彻底清洗井底泥饼、沉砂及掉块。

2.3 树心及取心钻进

1)轻压慢转,耐心树心。超深井地层一般较硬,树心时钻速慢,推荐树心钻压 5~10 kN,钻速 40~50 r/

min,排量小于或等于取心排量。树心钻进 0.3~0.5 m,有助于工具的稳定性,然后再逐渐调整到设计取心钻进参数。

2)优化取心参数,提高机械钻速。取心钻压为 30~50 kN,破碎地层降低钻压最大不超过 30 kN;转速为 50~80 r/min,在允许钻压和转速范围内调整优选最佳钻速的钻压和转速;排量应根据井眼尺寸和地层岩性而定: $\varnothing 152$ mm 井眼排量 10~14 L/s, $\varnothing 165$ mm 井眼排量 12~16 L/s, $\varnothing 215$ mm 井眼排量 18~22 L/s。

3)平稳操作,安全钻进。取心钻进操作平稳,送钻均匀,防止溜钻。取心钻进中避免停泵、停钻,钻头不提离井底,若憋跳钻严重,应适当调整钻进参数。

4)加强井下情况分析。每取心钻进 0.25 m 记录钻时一次,根据钻时、泵压、扭矩变化、岩性变化、振动筛出砂情况综合分析判断井下情况,以便正确处理井下复杂情况。

2.4 割心

1)选好割心层位。根据地质预告及钻时快慢尽可能选在泥岩段割心,松软地层在割心前 0.5 m 左右,比原钻压多 20~30 kN 形成粗心,以便割心卡的牢固。形成粗心后,刹住刹把直到钻压恢复到原钻压的二分之一时停转盘割心。硬地层进尺慢,停钻后可以直接割心。

2)割心方法正确。割心开始上提钻具要慢,先上提 0.3 m 左右下放至原位,以便使岩心爪活动,再上提钻具,上提拉力不超过原悬重的 150~200 kN。如割不断不要硬拔,可采用磨断、上提 30 kN 左右拉力启动转盘转 3~5 圈等方法把岩心割断,然后上提钻具 3 m,5 m 分别快速下放猛刹,使岩心卡得牢靠,再缓慢下放钻具,试探余心,并保持钻头离井底 0.5 m 左右,不得下放到底以防顶松岩心。

2.5 起钻

起钻时要注意两个问题,一是要平稳操作防止掉心,二是注意井控安全,起钻过程中,连续向井内灌满钻井液并在主力油气层段及以上 300 m 内起钻速度控制在 0.5 m/s 以内,以防诱发井喷。

3 现场应用情况

3.1 元坝 3 井

元坝 3 井是中国石化南方勘探开发分公司部署的一口重点区域探井,完钻井深 7 450 m,在 7 000 m 以下二叠系龙潭组、茅口组、栖霞组 $\varnothing 165.1$ mm 小井眼中各取心一次,取心工具为川 5-4 取心筒,取心情况见表 1。

表1 元坝3井超深井段取心数据表

序号	取心井段/m	取心层位	岩性简述	取心进尺/m	心长/m	收获率
1	7 118.50~7 121.55	龙潭组	灰色砂屑生屑灰岩、深灰色生屑灰岩	3.40	3.02	88.80%
2	7 285.10~7 293.60	茅口组	灰色含生屑泥—粉灰岩、深灰色含泥泥晶灰岩、深灰色含生屑泥晶灰岩	8.50	8.50	100.00%
3	7 405.70~7 414.20	栖霞组	深灰色含泥灰岩、灰色含砂屑灰岩	8.50	8.45	99.40%
合计				20.40	19.97	97.89%

钻具组合: $\varnothing 164$ mm 取心钻头+川5-4取心筒+ $\varnothing 120$ mm 钻铤 $\times 4$ 根+311 $\times 4A20$ 接头+旁通阀+4A21 $\times 310$ 接头+ $\varnothing 120$ mm 钻铤 $\times 3$ 根+随钻震击器+ $\varnothing 88.9$ mm 加重钻杆 $\times 22$ 根+投入式止回阀+ $\varnothing 101.6$ mm 钻杆。

钻井参数: 钻压 40~60 kN; 转速 60~70 r/min; 泵压 20.5~21.5 MPa; 排量 12~16 L/s。

钻井液性能: 密度 1.75~1.83 g/cm³; 黏度 65 s; API 失水 3.6 mL。

3.2 塔深1井

塔深1井是目前亚洲最深的井,完钻井深达 8 408 m,钻探目的是探索下古生界寒武系大型建隆圈闭的含油气性,实现新领域的导向性突破。该井超深井段取心井眼尺寸 $\varnothing 165.1$ mm,最大井斜 25°,取心工具为川5-5,在井段 7 101.57~8 408.00 m 取心 5 次,进尺 18.70 m,心长 14.73 m,平均收获率为 78.77%,取心

段岩性以白云岩为主,岩性裂缝发育,非常破碎,取心施工难度非常大。

钻具组合: $\varnothing 149.2$ mm 取心钻头+川5-5取心工具+ $\varnothing 120.6$ mm 钻铤 $\times 15$ 根+ $\varnothing 124.0$ mm HWDP $\times 15$ 根+钻杆。

树心参数: 钻压 10 kN; 转速 40 r/min; 排量 7 L/s。

取心钻进参数: 钻压 20~30 kN; 转速 50 r/min; 排量 10~12 L/s。

取心实施情况见表 2。

3.3 于奇6井

于奇6井是中国石化西北油田分公司在阿克库勒凸起北东斜坡带布置的一口重点超深探井,位于新疆轮台县境内,地处沙漠边缘但靠近天山,完钻井深 7 510 m,目的层是中一下奥陶统鹰山组、蓬莱坝组和寒武系。本井在超深井段取心 4 次,使用 250P 取心工具,取心情况如表 3 所示。

表2 塔深1井超深井段取心数据表

序号	取心井段/m	取心层位	岩性简述	取心进尺/m	心长/m	收获率
1	7 101.57~7 106.10		浅灰色含灰质粉晶白云岩	4.53	4.53	100.00%
2	7 264.05~7 268.68	寒	浅灰色泥微晶白云岩	4.63	4.63	100.00%
3	7 461.07~7 465.00	武	深灰色粉晶白云岩	3.93	1.60	40.70%
4	7 873.70~7 876.39	系	灰色溶洞粉晶白云岩	2.61	1.87	71.60%
5	8 405.00~8 408.00		浅灰色粉晶白云岩	3.00	2.10	70.00%
合计或平均				18.70	14.73	78.77%

表3 于奇6井超深井段取心数据表

序号	取心井段/m	取心层位	岩性简述	取心进尺/m	心长/m	收获率
1	6 066.15~6 072.94	奥陶系鹰山组	浅黄灰色泥晶砂屑灰岩	6.79	6.79	100.00%
2	7 059.09~7 062.92	奥陶系与寒武系交界面	浅灰、灰白色细中晶白云岩,风化面	3.83	3.83	100.00%
3	7 115.22~7 121.02	寒武系	浅白色细中晶含泥质白云岩,易碎	5.80	4.67	80.50%
4	7 313.20~7 316.15	寒武系	灰色细晶、粉—细晶白云岩,深灰色粉晶白云岩,易碎	2.95	2.62	88.80%
合计或平均				19.37	17.91	92.46%

4 结论与认识

1)超深井段取心作业选好取心钻头与工具是关键。根据所钻井眼尺寸、井深、井下安全、取心技术要求等因素选择相应的取心工具尺寸与类型,根据地层特性,优选机械钻速较高、研磨性强的取心钻头。川7-5型、川5-4型、川5-5型及250P等取心工具基本满足了超深井取心施工的需要,PC328、SC226钻头在我国西部地区超深井段取心中取得了较好的应用效果。

2)取心作业制订好有针对性的技术措施是保障。要根据超深井地层特性与井眼状况,制订安全、高效的取心技术措施和各个环节的应急预案,取心过程中加强对于井下情况的分析研究,确保取心全过程的井下安全。

3)可以试验应用井下动力取心工作。在国外,超深井取心作业中多次使用井下马达,在四川取心也取得较好的效果。用井下马达可以实施高转速低钻压取

心,钻具运转平稳,可防止工具失稳,震动小,岩心损坏小,从而提高了岩心收获率与机械钻速。

参 考 文 献

- [1]李让,肖国益,夏彬,等.深井密闭取心技术在普光8井中的运用[J].石油钻采工艺,2008,30(1):38-42.
- [2]王大勋,刘洪,韩松,等.深部岩石力学与深井钻井技术研究[J].钻采工艺,2006,29(3):6-10.
- [3]李兵,蔡章伟.川式深井小井眼钻井取心工具技术特点与应用[J].钻采工艺,2007,30(1):13-15.
- [4]熊继有,蒲克勇,周健.库车坳陷山前构造超深井岩石可钻性研究[J].天然气工业,2009,29(11):59-61.
- [5]涂茂川,王希勇,朱礼平,等.元坝地区超深含硫气井安全快速钻井难点及对策[J].天然气工业,2009,29(7):48-51.
- [6]王土权.塔深1井超深井段取心工艺[J].钻采工艺,2007,30(4):24-25.

(修改回稿日期 2010-09-09 编辑 居维清)