

引用格式:周文迪,庞敏,贺文卿,等.胜利西部探区哈山地区组合钻井技术研究及应用[J].油气地质与采收率,2024,31(2):167-174.

ZHOU Wendi, PANG Min, HE Wenqing, et al. Research and application of combined drilling technology in Hashan area of Shengli West Exploration Area[J]. Petroleum Geology and Recovery Efficiency, 2024, 31(2): 167-174.

胜利西部探区哈山地区组合钻井技术研究及应用

周文迪¹, 庞敏², 贺文卿³, 周汉国³, 张涛³

(1. 中国石化天然气分公司 山东省天然气管道有限责任公司, 山东 青岛 266300; 2. 西南石油大学 经济管理学院, 四川 成都 610500; 3. 中国石化胜利油田分公司 石油工程监督中心, 山东 东营 257000)

摘要:为解决胜利西部探区哈山地区中深层石炭系、二叠系坚硬地层可钻性差、地层倾角大、井斜难控制、井壁易失稳等技术难题,实现油气储量的高效勘探、效益开发,在现用常规钻井技术的基础上,通过分段组合钻井技术适用性研究与工艺优化,针对石炭系、二叠系的云质岩、火成岩难钻地层,提出气体钻井相关提速及安全施工配套技术,形成了地区施工规范;在气体钻井转钻井液施工后,优先选用“气体钻井+‘孕镶钻头+涡轮钻具/高速螺杆’”组合钻井技术,并针对地层特点研发了不同尺寸的高效孕镶钻头系列,实现井斜控制与机械钻速双提高。该组合钻井技术在哈山3和哈山2等井成功应用,取得了良好的效果,其中哈山3井气体钻井机械钻速达到5.2 m/h,较常规钻井方式提速3倍以上,转钻井液施工后采用孕镶钻头+涡轮钻具/高速螺杆施工,地层倾角为30°,井斜控制良好,机械钻速接近1 m/h,较常规钻井技术表现出良好的区域应用效果。现场应用表明,“气体钻井+‘孕镶钻头+涡轮钻具/高速螺杆’”组合钻井技术是实现胜利西部探区哈山地区中深层钻井提速提效的一种有效手段,但该组合钻井技术也存在瓶颈,结合对粒子冲击钻井技术的适用性研究,建议下一步引进并完善粒子冲击钻井技术,力争实现区域钻井提速提效再突破。

关键词:气体钻井;涡轮钻具;孕镶钻头;提速提效;哈山地区

文章编号:1009-9603(2024)02-0167-08

DOI:10.13673/j.pgre.202401025

中图分类号:TE242

文献标识码:A

Research and application of combined drilling technology in Hashan area of Shengli West Exploration Area

ZHOU Wendi¹, PANG Min², HE Wenqing³, ZHOU Hanguo³, ZHANG Tao³

(1. Shandong Natural Gas Pipeline Co., Ltd., SINOPEC Natural Gas Company, Qingdao City, Shandong Province, 266300, China; 2. School of Economics and Management, Southwest Petroleum University, Chengdu City, Sichuan Province, 610500, China; 3. Petroleum Engineering Supervision Center, SINOPEC Shengli Oilfield Company, Dongying City, Shandong Province, 257000, China)

Abstract: This paper aims to solve the technical problems such as poor drillability, large formation inclination, difficult well deflection control, and easy wall instability in the middle and deep Carboniferous and Permian hard formation in the Hashan area of Shengli western exploration area and realize the efficient exploration and benefit development of oil and gas reserves. Based on the current conventional drilling technology, the applicability and process optimization of segmented combined drilling technology were studied, and supporting technologies for speed acceleration and safety construction related to gas drilling were proposed for the Carboniferous and Permian hard formation of dolomitic rock and igneous rock, forming the regional construction standards. After the transformation from gas drilling to drilling fluid construction, the combined drilling technology of “gas drilling + ‘impregnated bit + turbine/high-speed screw’” was preferred. According to the formation characteristics, efficient impregnated bit series of different sizes were developed to achieve well deflection control and improve the rate of penetration. The combined drilling technol-

收稿日期:2024-01-15。

作者简介:周文迪(1996—),女,内蒙古赤峰人,硕士,从事长输管道工艺运行及系统管理工作。E-mail:wendyzhou1006@gmail.com。

ogy was successfully applied in Hashan3 and Hashan2 wells and achieved good results. During gas drilling, the rate of penetration in Well Hashan3 reached 5.2 m/h, more than three times faster than the conventional drilling method. During drilling fluid construction, the technology of “impregnated bit + turbine/high-speed screw” was adopted, and the formation inclination was 30°. The well deflection was well controlled, and the rate of penetration was close to 1 m/h, which showed a good regional application effect compared with conventional drilling technology. The field application shows that the combined drilling technology of “gas drilling + ‘impregnated bit + turbine/high-speed screw’” is an effective means to increase the speed and efficiency of middle and deep drilling in the Hashan area of Shengli west exploration area. However, the technology also has bottlenecks. Combined with the applicability research of particle impact drilling (PID) technology, it is suggested that the PID technology should be introduced and improved in the next step, so as to achieve speed and efficiency breakthrough in regional drilling.

Key words: gas drilling; turbine drilling tools; impregnated bit; speed and efficiency improvement; Hashan area

胜利西部探区哈山地区位于准噶尔盆地北缘哈德构造带,先后部署完成了哈山2、哈山3、哈山101和哈山5等10余口探井,多口井见到良好油气显示,尤其是哈山5井试油获得重大突破,准原地勘探系统初步展现亿吨级资源规模阵地。

许多学者对哈山地区钻井技术进行了深入的研究:张学光通过对已钻井的地震、测井资料分析,从钻头优选、新工具、新工艺等方面提出了一种提高哈山地区钻井速度的新技术^[1];郑志刚基于已钻井和正钻井的地质构造、岩性特征,分析了钻头类型、水力加压器、空气钻井机垂直钻井系统等在石炭系地层中的应用情况,促进了钻井速度的优化提升^[2];马凤清针对火成岩地层岩性特征和钻井技术难点,研制了一种具有较强耐磨性的钻头,与SLTIT型扭转冲击工具相配合形成了一种复合钻井技术^[3];牛洪波等基于空气锤结构特点、破岩机理及其在火成岩中的适应性,在邻井空气锤钻井试验基础上,通过优化空气锤复合结构钻头齿材料与气流布局,改进空气锤保径结构与防掉机构设计,并且建立了空气锤钻井的钻压、转速、耗风量及风压等参数计算方法,形成了一种火成岩地层空气/雾化+空气锤钻井技术^[4]。哈山地区石炭系以火成岩为主,硬度高达2 504.23 ~ 2 905.45 MPa^[5-6],二叠系云质岩发育,研磨性强,可钻性差。前期钻探施工过程尝试应用气体钻井,因地层出水或井下发生燃爆被迫中断,转钻井液过程,因干燥井壁内的水化黏土矿物接触钻井液中的水产生水化应力,或裂缝发育地层钻井液侵入后的“水楔”作用,均会引起局部坍塌压力升高产生井壁失稳,技术适用性未得到根本上的解决。按照地质工程一体化理念,分析哈山地区已完钻井取得的工程地质资料,对地层岩性组合、地应力、岩石力学特征以及地层含水情况进行归纳量化,以此为依据选择实用钻井技术,并及时转换调整以满足提速及井下安全的需要。针对哈

山地区石炭系、二叠系的地层特点和钻探难点,通过改进气体钻井过程监测预警手段以及应对措施,改进孕镶钻头结构,优化孕镶钻头+涡轮钻具/高速螺杆施工参数,进而形成了哈山地区组合钻井技术,可大幅提高钻速,破解机械钻速慢、周期长的钻井瓶颈问题,加快哈山地区勘探进程。

1 区域地质概况

哈山地区构造上处于准噶尔盆地西北缘隆起乌夏断裂带西北端的山前冲断带,其北接和什托洛盖盆地,南邻玛湖富烃凹陷^[7]。研究区大范围出露石炭系,其余均被白垩系、古近系、新近系及第四系覆盖^[8]。以哈山5井为例,自上而下依次钻遇地层为白垩系、侏罗系、三叠系及二叠系的下乌尔禾组—夏子街组、风城组、佳木河组。其中,目的层二叠系风城组与玛湖凹陷相似,分为风一段、风二段和风三段,但受多期推覆改造影响,发育超剥带、冲断-推覆体及准原地地层,主体呈“三层楼”结构^[9-10]。目前哈山地区主要在超剥带侏罗系和石炭系一二叠系火山岩领域取得2个规模油气发现。

近年来,在玛湖凹陷页岩油重大突破的带动下,也加快了对胜利哈山地区风城组页岩油的勘探部署,早期在哈山地区西段部署的哈浅101、哈深斜1和哈山2等多口井在风城组见到良好的油气显示^[10-14]。研究区中深层石炭系一二叠系火山岩岩性变化大、岩石类型多样,存在喷发岩相的火山角砾岩和凝灰岩,也存在溢流相的玄武岩和安山岩以及火山沉积相的沉凝灰岩。石炭系发育中基性火山角砾岩-安山岩-玄武岩组合,佳木河组发育中酸性火山角砾岩-玄武岩-流纹岩组合。上述岩性均较为致密,岩石成层性差,通过对石炭系不同岩性进行的岩石力学性质测试发现,火山角砾岩和玄武岩最易形成构造裂缝,且构造裂缝受控于断裂,在断裂

附近出现构造裂缝的局部密集发育段^[15-18]。岩性的应力-应变关系表明,研究区石炭系火成岩的抗压强度从大到小依次为凝灰岩、火山角砾岩、玄武岩。

结合野外勘察,在加强推覆体、准原地研究评价的基础上,通过精细构造建模与原型盆地恢复,进一步明确了优质生油岩的大面积分布,实施的哈山5井在风城组试油压裂获得了工业油流,是准噶尔山前带准原地-推覆系统的突破井。近期对已部署预探井进行解剖,进一步探索哈山地区风城组页岩油的勘探前景,但目前哈山深层钻井主要的瓶颈问题是石炭系—二叠系火山岩和二叠系风城组机械钻速慢,单井施工周期长,平均周期约为300 d,迫切需要大幅缩短钻探周期,加快哈山地区勘探进程。

2 钻探施工难点分析

2.1 地层厚度大且可钻性差

哈山地区已钻井钻遇的石炭系、二叠系厚度为2 400~5 200 m,占全井钻遇地层厚度的65%以上

表1 哈山地区石炭系—二叠系岩心岩石力学实验数据

Table1 Rock mechanics experimental data of Carboniferous and Permian cores in Hashan area

井号	地层	岩性	可钻性极值	研磨性极值	硬度/MPa	塑性系数	抗压强度/MPa		
							无围压	围压为30 MPa	围压为60 MPa
哈山5	二叠系风城组	灰色泥质粉砂岩	>10	9.76	3 660.09	1.47	274.41	629.72	823.91
哈山5-2	二叠系风城组	深灰色白云质泥岩	>10	8.01	3 760.32	1.31	460.06	765.81	
哈山11-2	二叠系风城组	灰色泥质白云岩	>10	9.17	2 676.08	1.24	274.33	423.87	492.24
哈山11-3	二叠系佳木河组	深灰色安山玄武岩	>10	7.17	3 795.46	1.31	229.62	682.75	730.72
淮北6-3	石炭系	凝灰质砾岩	>10	9.08	2 340.27	1.33	116.16	352.01	421.59

2.2 地层倾角大且井斜难控制

研究区石炭系、二叠系地层倾角为20°~30°,且受地层可钻性的各向异性及裂缝发育等因素影响,井眼易沿着易钻进的方向延伸,井斜难控制,严重影响钻井速度。以哈山11井为例,钻探过程中虽然采取防斜措施,但受地层倾角影响,钻进过程中井斜增长较快;为控制井斜,被迫采用2 t钻压吊打防斜、滑动定向纠斜,严重制约了PDC钻头的破岩效率(图2)。

2.3 井壁易失稳且卡钻风险高

哈山地区断层和地层不整合发育较多,极易产生破碎带,哈深2井钻遇4个大型断层(图3),哈山5井也钻遇4个主要断层。受区域构造地应力异常、

(图1)。岩性以火成岩为主,部分井段钻遇云质岩,地层岩心无围压条件下抗压强度为116.16~460.06 MPa(表1),硬度为2 340.27~3 795.46 MPa,可钻性极值均为10以上,研磨性极值为7以上;且随硅质含量增加,抗压强度和研磨性也增强,钻头难以吃入地层,是造成机械钻速慢的主要原因,平均单趟进尺为60~120 m,机械钻速小于2.0 m/h。

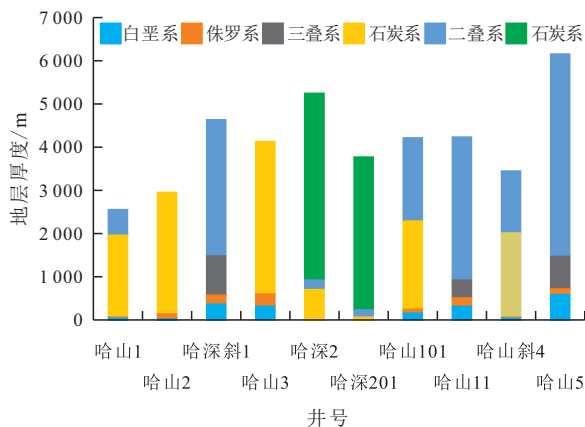


图1 哈山地区已钻井钻遇地层厚度统计
Fig.1 Statistics of formation thickness of drilled wells in Hashan area

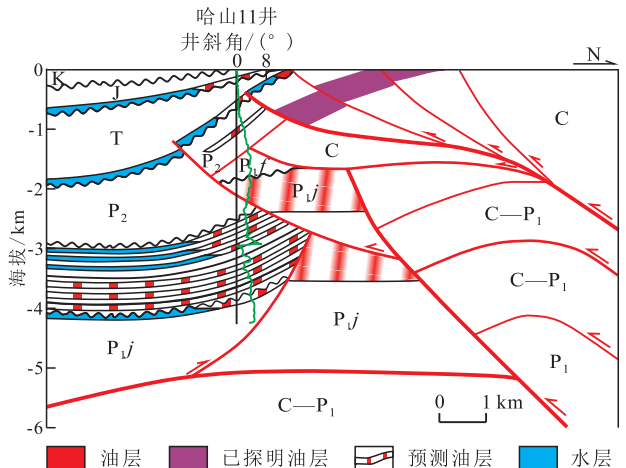


图2 哈山11井地层倾角示意图及实钻井斜角
Fig.2 Formation inclination and well deflection angle of Well Hashan 11

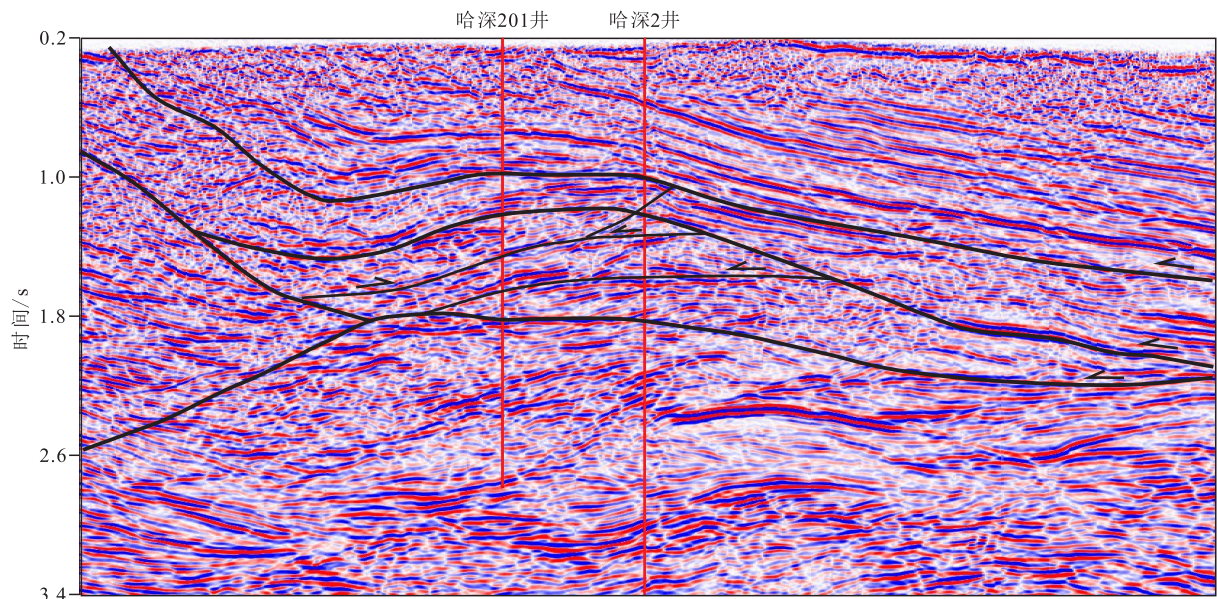


图3 区域断层分布及钻遇情况
Fig.3 Regional fault distribution and drilling conditions

岩石裂缝发育、岩石胶结程度低等因素影响,石炭系、二叠系井壁稳定性差,坍塌掉块现象严重,卡钻风险大。其中,哈深2井因井壁失稳在石炭系施工过程中卡钻,提前完钻;哈山12井在石炭系施工过程中,因井壁失稳致使钻头制动卡死,导致螺杆断裂落井;在哈山5井二叠系佳木河组施工过程中,顶驱频繁憋卡,上提钻具遇阻,需长时间划眼处理。因此,井壁的不稳定造成施工连续性受到极大限

制,需要定期进行井壁稳定性验证及维护。

2.4 PDC 钻头地层适应性差且寿命短

实钻过程中钻遇地层岩石类型多(火山角砾岩、玄武岩、凝灰岩、砂岩、泥岩、白云岩等)、岩性复杂、非均质性强,易引起卡滑、憋跳钻,造成PDC钻头崩齿等先期损坏。如哈山12井,单只钻头使用寿命短、进尺少,导致单趟钻施工效率低,整体施工周期延长(表2)。

表2 哈山12井磨损严重钻头进尺统计
Table2 Drilling depth of severely worn bit of Well Hashan 12

钻头型号	地层	岩性	井段/m	进尺/m	钻速/(m·h ⁻¹)	磨损情况
KSD1662DFRTY	三叠系	砂砾岩	1 165 ~ 1 168	3.0	0.38	严重磨损
PK6254SJZ	三叠系	砂砾岩	1 175 ~ 1 179	3.5	0.37	严重磨损

3 气体钻井配套技术

针对哈山地区石炭系、二叠系高抗压、高研磨地层,气体钻井是提速的最佳手段,哈山3井施工过程中空气钻井是钻井液钻井机械钻速的3倍以上,但应用过程中受地层出水、井壁失稳、井下燃爆因素等影响,气体钻井提前结束施工(表3)。为最大程度发挥气体钻井在胜利西部探区哈山地区的技术潜能,同时解决应用过程中出现的地层出水、井下燃爆、气液转换井壁稳定性等问题,以地质条件认识为基础,研究形成了更为完善的配套技术,极大地保障了气体钻井的安全高效应用,且现场效果良好^[19-20]。

表3 哈山地区部分气体钻井应用情况
Table3 Application of gas drilling in some wells in Hashan area

井号	应用开次	总进尺/m	终止原因
哈山3	二开	906.00	地层出水
哈深2	一开、二开、三开	2 225.02	地层出水
哈深201	一开、二开、三开	2 369.53	地层出水
哈山101	二开、三开	2 614.65	地层出油、卡钻、井下燃爆

3.1 随钻安全风险监测技术

随钻安全风险监测技术的监测参数主要包括注入参数、钻井参数及返出参数3个部分^[21]。注入参数主要包括气量、压力、温度、含氧量等5项参数;

钻井参数主要包括钻压、扭矩、转速、振动等7项参数;返出参数主要包括排砂管线压力、套压、流量、全烃含量、温度、湿度、岩性、冲蚀壁厚、岩屑浓度、岩屑组分、声频特征以及特殊气体(CH_4 、 CO 、 CO_2 、 H_2S)含量等15项参数。对随钻安全风险监测数据的综合实时分析,可快速准确地判断井下的安全风险类型,为及时采取针对性的应对措施提供依据。为实现对随钻安全风险监测参数实时的在线采集工作,将不同类型的传感器和监测设备安装在不同位置。在设备方面,重点监控设备压力、氮气纯度等20项参数;此外,在井场重点位置安装高清视频监控,辅助发现故障隐患。

3.2 井下岩爆安全控制技术

井下岩爆安全控制技术主要包括裂缝深度精确预测、钻具组合优化设计、专用多功能排砂四通、地面管线布局优化等方面。

裂缝深度精确预测 基于砂体熵、曲度和最大似然属性综合分析,预测待钻地层裂缝发育深度,为可能发生的岩爆提前预警,此时采取控时钻进、加大注气量、充分循环等措施,让裂缝处的应力缓慢释放,降低岩爆的烈度。

钻具组合优化设计 钻头采用双母翻板阀岩爆发生后,岩爆碎屑冲击反向进入翻板阀内,在加大注气量的工况下,翻板阀打开可排出碎屑,不易堵塞钻具内部流动通道。同时底部钻具组合设计3个单向阀,可降低高压天然气进入钻具内部的概率,确保钻具内部的安全性。

专用多功能排砂四通 对四通本体内进行防冲刷处理,镶嵌YG8硬质合金套,增强排砂四通抵抗岩爆发生后产生的气-固两相流的冲蚀能力;两翼配备液动平板阀,可实现快速控制排砂管线的工作状态;两侧翼连接双法兰短节,四通本体内镶嵌硬质合金,增强耐冲蚀功能。内径保持和阀门通径一致,无缩颈易冲蚀段。采用1道金属密封+2道P密封,共3道密封方式,确保密封可靠性。

地面管线布局优化 现场采用2条排砂管线且弯角大于 150° 的连接方式。若地面条件允许,主副排砂管线宜采用平直下倾连接方式,可有效降低岩爆产生的高速气-固两相流对管线的冲击。

3.3 井壁失稳安全控制技术

井壁失稳安全控制技术主要包括井身结构优化、随钻元素录井分析、扭矩监测等。井身结构优化过程中下套管封住易失稳的页岩夹层及煤线,避免气体钻井钻遇该套“腰带子”产生井壁失稳导致

井下起下钻困难、卡钻等复杂情况^[22]。随钻元素录井分析是根据岩粉颜色变化和Al、K、Fe等元素含量的变化,判断是否钻遇碳质页岩或页岩。扭矩监测有助于对井下异常及时处理,钻进过程中出现扭矩波动大,若波动范围超过正常范围的30%,应上提钻具拉划不少于5 m,同时观察扭矩情况;若扭矩波动超过正常范围的50%,应上提钻具拉划不少于1个单根,同时观察扭矩情况;若1个立柱井段多处扭矩波动超过正常范围的50%,应拉划正钻进的整柱钻柱。扭矩波动降低为原基值,则下放钻具继续钻进;上提时扭矩波动未降低,则拉划正钻进钻柱后下钻继续钻进。若顶驱憋停但立压未上涨,出口正常返出的情况,则应拉划正钻进的整柱钻柱,拉划过程中应控制上提摩阻不大于100 kN,下放摩阻不大于50 kN;若出现顶驱憋停且立压上涨,出口返出减少甚至失返的情况,严禁上提钻具,在设备允许的条件下进行憋压处理。

3.4 地层出水安全控制技术

通过钻进扭矩、返砂湿度、起下钻具磨阻等参数变化,及时发现地层出水,并判断出水情况,调节气量进行控时试钻判断,期间关注钻进参数变化,精细操作,避免出现卡钻等复杂情况。可参照以下标准,当出水量小于等于 $2 \text{ m}^3/\text{h}$ 时,出口有岩屑返出,呈湿润状态,返出流体湿度在65%以内,扭矩、立压正常,调整注气量观察钻进,若岩屑变干,恢复原参数钻进;当出水量大于 $2 \text{ m}^3/\text{h}$ 时,出口岩屑变少无岩屑返出,呈糊状,立压上涨、扭矩波动大、上提下放摩阻异常,通过调整气量循环仍不能满足空气钻井安全作业需要,则应立即终止空气钻井作业,转换为泥浆钻井。

4 孕镶钻头+涡轮钻具/高速螺杆技术

针对哈山地区风城组—佳木河组火成岩极硬地层,在现有钻头型号优选的基础上研制了直径分别为215.9和311.2 mm配合涡轮钻具使用的系列孕镶钻头(图4),现场应用效果与进口钻头相当。

研究区块哈山5井三开二叠系风城组和佳木河组的火成岩、云质岩,分别采用孕镶钻头+涡轮钻具/高速螺杆、PDC钻头+多维冲击、牙轮钻头等技术进行探索,应用结果表明:在钻井液钻井条件下,孕镶钻头+涡轮钻具/高速螺杆有明显优化,单趟进尺和机械钻速分别是其他钻井方式的2.11倍和1.02倍。

基于孕镶钻头的进一步研制优化,哈山12井三

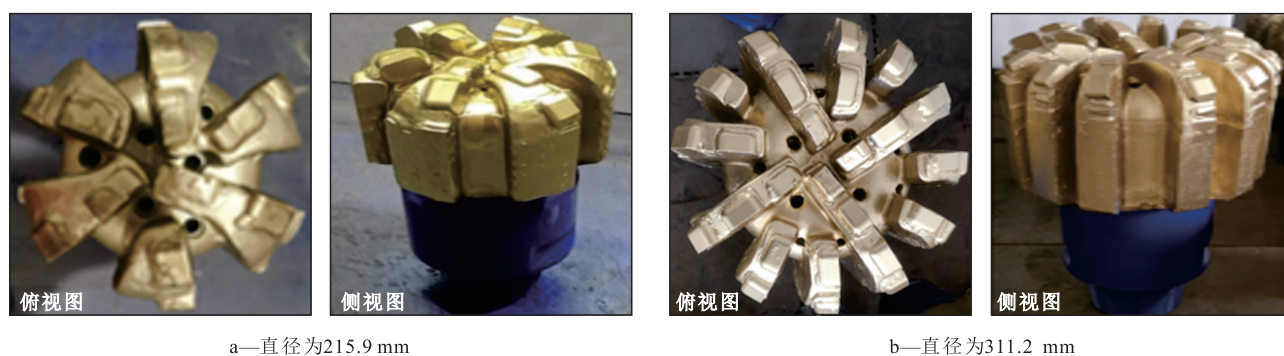


图4 新研制孕镶钻头系列
Fig.4 Newly developed impregnated bit series

开石炭系、二叠系火成岩、云质岩,采用孕镶钻头+涡轮钻具/高速螺杆钻进9趟,平均单趟进尺为183.13 m,平均机械钻速为1.17 m/h,分别比哈山5井提升了103.63%和44.44%,表明研制改进后的孕镶钻头的应用效果更佳。

5 粒子冲击钻井技术

“气体钻井+‘孕镶钻头+涡轮钻具/高速螺杆’”组合钻井技术的应用极大地推动了哈山地区钻井工程的提速提效,但受技术自身应用条件的影响,仍具有很大的提升空间。粒子冲击钻井(Particles Impact Drilling, PID)技术可以较好地解决地层出液、气体钻井无法施工,孕镶钻头+涡轮钻具/高速螺杆机械钻速低、单趟进尺短的问题,该技术选择密度大、强度高、形状规则的特制球形钢粒冲击岩石,减少钢粒的破碎,增加循环利用的次数,且PID技术改变了常规破岩的方法,采用体积破碎方式,提高了能量的利用率。

5.1 破岩机理

PID技术是以高速球形硬质钢珠冲击破岩为主、联合高速水力破岩为辅的一种新型钻井破岩技术。在钻井过程中,将钻井液中掺入2%~3%的金属球形粒子,利用钻井液的水力动力携带粒子;通过PID专用钻头将金属粒子加速到亚音速速度(152 m/s),以每秒约2 000次冲击井底坚硬岩石。粒子撞击岩石时,粒子冲击力作用在非常小的接触区域,产生非常大的瞬时冲击接触应力。当瞬时冲击接触应力超过极硬岩石的抗压强度时,粒子嵌入并破碎岩石,在冲击接触区域边界会产生拉应力和剪应力。由于岩石的抗拉强度仅为抗压强度的1/80~1/16,抗剪强度仅为抗压强度的1/15~1/8,当拉应力和剪应力分别超过岩石的抗拉强度和抗剪强度的极限时,将形成显性裂纹和隐性微裂纹,因

此在粒子与射流作用下,产生大量破碎的岩屑,从而提高破岩速度^[23-26]。

由于坚硬岩层与钢珠粒子均不易变形,二者接触面积非常小(图5),因此粒子冲击力作用就非常巨大。比如,假设接触半径为0.254 mm,则接触面积为0.051 6 mm²,这样只需要29.48 kg的力就能产生5 722.65 MPa的接触力。由于越坚硬的岩石,钢珠粒子接触面积越小,单位面积产生的接触力越大,且岩石越硬更容易实现裂缝扩展(高抗压强度相当于低断裂应变),因此PID技术还有“遇强则强”的特点。

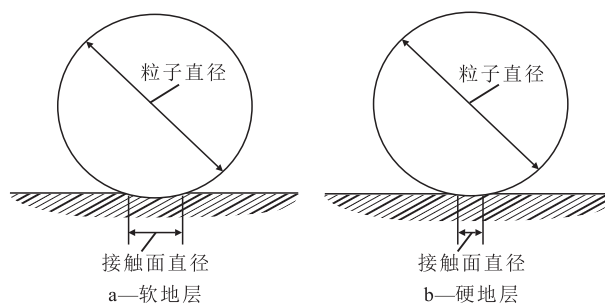


图5 钢珠粒子接触岩石示意
Fig.5 Steel bead particles contacting with rock

5.2 应用优势

PID技术比常规钻井技术(气体钻井、涡轮钻井、螺杆等)可以提高机械钻速2~5倍,大幅缩短钻井周期。在白花岗岩钻进过程中达到5~7 m/h的机械钻速,在黑色玄铁矿的钻进过程中也达到5~7 m/h的机械钻速,在致密的“磨刀石”岩石(241 MPa)的钻进过程中达到6~7 m/h的机械钻速,在纯度高于90%的砾石层钻进过程中达到8 m/h的机械钻速。

PID技术几乎为零钻压钻进,单趟作业900 h以上。在地层倾角很大的情况下,也不需要垂直钻井工具、防斜纠斜工具以及MWD监控等措施。此外,近乎零钻压施工可减少近20%的钻柱有害扭矩,可适用于屈服值超过16 Pa的任意钻井液体系,且具

有适量的堵漏功能,可以边堵漏边施工。

PID技术在解决坚硬地层、高研磨性地层机械钻速慢、日进尺少等问题方面具有独特的优势,能够解决由于地层坚硬、中硬交互导致钻头提前损伤、频繁起下钻的难题。针对使用气体钻井受限,使用涡轮钻具+孕镶钻头效果不佳的井段,提速效果也相当明显。受破岩机理的影响,PID技术可以避免由于高钻压或地层倾角大引起的井斜问题,避免旋转导向或垂直钻井系统的使用,进而实现钻速效益双提升。

6 结论

通过对气体钻井配套技术的完善以及孕镶钻头的区域适用性研制,目前“气体钻井+‘孕镶钻头+涡轮钻具/高速螺杆’”组合钻井技术对胜利西部探区哈山地区提速效果明显。应用地质工程一体化方法,系统开展地质资料的工程分析,对区域气体钻井过程的地层出水、井壁失稳、井下燃爆等异常情况预判,形成了规律性的认识,为区域组合技术完善提升及改进提供实践支撑。PID技术突破常规钻井破岩方式,完全依靠粒子冲击破岩,几乎零钻压施工,提速、防斜效果突出,该项技术为胜利西部探区哈山地区钻井提速提供了新思路。建议选取胜利西部探区哈山地区的钻井取心或地面露头,开展模拟地层条件下的相关PID技术试验,以验证技术的适用性。在此基础上配套完善PID技术的现场设备及保障措施,进而实现钻井提速提效的再突破。

参考文献

- [1] 张学光. 哈山3井石炭系钻井提速探索与实践[J]. 内蒙古石油化工, 2013, 39(20): 38-40.
ZHANG Xueguang. Exploration and practice of drilling in HS 3 [J]. Inner Mongolia Petrochemical Industry, 2013, 39(20): 38-40.
- [2] 郑志刚. 准噶尔盆地石炭系地层钻井技术研究[J]. 长江大学学报: 自科版, 2014, 11(2): 96-98.
ZHENG Zhigang. Research on drilling technology of carboniferous formation in Junggar Basin [J]. Journal of Yangtze University: Natural Science Edition, 2014, 11(2): 96-98.
- [3] 马凤清. 哈山3井火成岩地层快速钻井技术[J]. 石油钻探技术, 2014, 42(2): 112-116.
MA Fengqing. Fast drilling technique through igneous rocks in well Hashan 3 [J]. Petroleum Drilling Techniques, 2014, 42(2): 112-116.
- [4] 牛洪波, 冯光通, 赵洪山, 等. 哈山101井火成岩地层空气锤钻井技术[J]. 石油钻采工艺, 2018, 40(2): 164-168.
NIU Hongbo, FENG Guangtong, ZHAO Hongshan, et al. Application of air hammer drilling technology in the igneous strata of Well Hashan 101 [J]. Oil Drilling & Production Technology, 2018, 40(2): 164-168.
- [5] 赵洪山, 周燕, 王涛, 等. 哈山3井火成岩地层钻井难点与提速对策[J]. 石油机械, 2014, 42(9): 40-43.
ZHAO Hongshan, ZHOU Yan, WANG Tao, et al. Difficulties in drilling igneous rock formations and proposed ROP improvement for Well Hashan 3 [J]. China Petroleum Machinery, 2014, 42(9): 40-43.
- [6] 支东明, 李建忠, 杨帆, 等. 准噶尔盆地吉木萨尔凹陷二叠系全油气系统地质特征与勘探开发实践[J]. 中国石油勘探, 2023, 28(4): 14-23.
ZHI Dongming, LI Jianzhong, YANG Fan, et al. Geological characteristics and exploration and development practice of the Permian full oil and gas system in Jimsar Sag, Junggar Basin [J]. China Petroleum Exploration, 2023, 28(4): 14-23.
- [7] 张奎华, 孙中良, 张关龙, 等. 准噶尔盆地哈山地区下二叠统风城组泥页岩优势岩相与页岩油富集模式[J]. 石油实验地质, 2023, 45(4): 593-605.
ZHANG Kuihua, SUN Zhongliang, ZHANG Guanlong, et al. Shale dominant lithofacies and shale oil enrichment model of Lower Permian Fengcheng Formation in Hashan area, Junggar Basin [J]. Petroleum Geology & Experiment, 2023, 45(4): 593-605.
- [8] 董臣强. 哈山地区二叠系勘探成效分析[J]. 特种油气藏, 2014, 21(5): 52-54.
DONG Chenqiang. Exploration results of Permian system in Hashan area [J]. Special Oil & Gas Reservoirs, 2014, 21(5): 52-54.
- [9] 李宗浩, 侯磊, 李卉, 等. 准噶尔盆地石西凸起晚石炭世火山岩储层发育影响因素[J]. 油气地质与采收率, 2023, 30(4): 33-45.
LI Zonghao, HOU Lei, LI Hui, et al. Influencing factors of late Carboniferous volcanic reservoir development in Shixi uplift, Junggar Basin [J]. Petroleum Geology and Recovery Efficiency, 2023, 30(4): 33-45.
- [10] 雷海艳, 齐婧, 周妮, 等. 玛湖凹陷玛页1井风城组富硅页岩成因及其油气意义[J]. 新疆石油地质, 2022, 43(6): 724-732.
LEI Haiyan, QI Jing, ZHOU Ni, et al. Genesis and petroleum significance of silica-rich shale in Fengcheng formation of Well Maye-1, Mahu sag [J]. Xinjiang Petroleum Geology, 2022, 43(6): 724-732.
- [11] 于洪洲, 王越, 周健, 等. 准噶尔盆地西北缘哈山地区二叠系风城组沉积体系[J]. 新疆石油地质, 2022, 43(4): 396-403.
YU Hongzhou, WANG Yue, ZHOU Jian, et al. Sedimentary system of Permian Fengcheng formation in Hashan area in north-western margin of Junggar basin [J]. Xinjiang Petroleum Geology, 2022, 43(4): 396-403.
- [12] 薛晶晶, 白雨, 李鹏, 等. 准噶尔盆地玛南地区二叠系致密砾岩储层特征及形成有利条件[J]. 中国石油勘探, 2023, 28(5): 99-108.

- XUE Jingjing, BAI Yu, LI Peng, et al. Characteristics and favorable conditions for the formation of the Permian tight conglomerate reservoir in Manan area, Junggar Basin [J]. China Petroleum Exploration, 2023, 28(5): 99-108.
- [13] 周雪蕾, 齐雯, 黄玉, 等. 玛湖凹陷风城组黏土矿物组成特征及其成因[J]. 新疆石油地质, 2022, 43(1): 34-41.
- ZHOU Xuelei, QI Wen, HUANG Yu, et al. Clay mineral compositions and its genesis in lower Permian Fengcheng formation of Mahu sag, Junggar Basin [J]. Xinjiang Petroleum Geology, 2022, 43(1): 34-41.
- [14] 杨虎, 薛晓军, 陈向辉, 等. 克拉美丽气田火成岩天然裂缝漏失压力模型[J]. 新疆石油地质, 2023, 44(1): 93-99.
- YANG Hu, XUE Xiaojun, CHEN Xianghui, et al. Leakage pressure model of natural fractures in igneous rocks in Kelameili gas field [J]. Xinjiang Petroleum Geology, 2023, 44(1): 93-99.
- [15] 王剑, 袁波, 刘金, 等. 准噶尔盆地吉木萨尔凹陷二叠系芦草沟组混积岩成因及其孔隙发育特征[J]. 石油实验地质, 2022, 44(3): 413-424.
- WANG Jian, YUAN Bo, LIU Jin, et al. Genesis and pore development characteristics of Permian Lucaogou migmatites, Jimsar Sag, Junggar Basin [J]. Petroleum Geology & Experiment, 2022, 44(3): 413-424.
- [16] 李鹏, 熊健, 晏奇, 等. 准噶尔盆地玛湖凹陷二叠系风城组岩性对岩石力学特性的影响[J]. 石油实验地质, 2022, 44(4): 569-578.
- LI Peng, XIONG Jian, YAN Qi, et al. Lithological influences to rock mechanical properties of Permian Fengcheng Formation in Mahu Sag, Junggar Basin [J]. Petroleum Geology & Experiment, 2022, 44(4): 569-578.
- [17] 秦军, 张宗斌, 李思远, 等. 准噶尔盆地滴南地区上乌尔禾组砂砾岩体裂缝测井响应与多信息融合预测[J]. 大庆石油地质与开发, 2023, 42(5): 130-139.
- QIN Jun, ZHANG Zongbin, LI Siyuan, et al. Logging response and multi-information fusion prediction of glutenite body fractures in Upper Wuerhe Formation of Dinan area in Junggar Basin [J]. Petroleum Geology & Oilfield Development in Daqing, 2023, 42(5): 130-139.
- [18] 李嘉蕊, 杨智, 王兆云, 等. 准噶尔盆地玛湖凹陷二叠系风城组页岩油赋存量表征及其主控因素[J]. 石油实验地质, 2023, 45(4): 681-692.
- LI Jiarui, YANG Zhi, WANG Zhaoyun, et al. Quantitative characterization and main controlling factors of shale oil occurrence in Permian Fengcheng Formation, Mahu Sag, Junggar Basin [J]. Petroleum Geology & Experiment, 2023, 45(4): 681-692.
- [19] 李皋, 孟英峰, 蒋俊, 等. 气体钻井的适应性评价技术[J]. 天然气工业, 2009, 29(3): 57-61.
- LI Gao, MENG Yingfeng, JIANG Jun, et al. Evaluation techniques on the adaptability of gas drilling [J]. Natural Gas Industry, 2009, 29(3): 57-61.
- [20] 李皋, 田旭, 林小琰, 等. 气体钻井地层出水定量预测模型研究[J]. 科学技术与工程, 2015, 15(22): 7-12.
- LI Gao, TIAN Xu, LIN Xiaoyan, et al. Formation water quantitative prediction model research in gas drilling [J]. Science Technology and Engineering, 2015, 15(22): 7-12.
- [21] 胡万俊, 夏文鹤, 李永杰, 等. 气体钻井随钻安全风险智能识别方法[J]. 石油勘探与开发, 2022, 49(2): 377-384.
- HU Wanjun, XIA Wenhe, LI Yongjie, et al. An intelligent identification method of safety risk while drilling in gas drilling [J]. Petroleum Exploration and Development, 2022, 49(2): 377-384.
- [22] 张文, 刘向君, 梁利喜, 等. 致密砂岩地层气体钻井井眼稳定性试验研究[J]. 石油钻探技术, 2023, 51(2): 37-45.
- ZHANG Wen, LIU Xiangjun, LIANG Lixi, et al. Test research on tight sandstone wellbore stability during gas drilling [J]. Petroleum Drilling Techniques, 2023, 51(2): 37-45.
- [23] 徐依吉, 赵红香, 孙伟良, 等. 粒子冲击钻井发展现状及技术关键[J]. 钻采工艺, 2010, 33(5): 35-38.
- XU Yiji, ZHAO Hongxiang, SUN Weiliang, et al. Current situation and prospect of particle impact drilling technology [J]. Drilling & Production Technology, 2010, 33(5): 35-38.
- [24] 蒋海军, 况雨春, 朱质谱, 等. 粒子冲击钻井技术基础理论及试验研究[J]. 石油机械, 2011, 39(增刊): 1-4.
- JIANG Haijun, KUANG Yuchun, ZHU Zhipu, et al. Basic theory and experimental research of particle impact drilling technology [J]. China Petroleum Machinery, 2011, 39 (Supplement): 1-4.
- [25] 徐义, 万夫磊, 赵健, 等. 粒子冲击钻井钻具冲蚀磨损研究[J]. 钻采工艺, 2014, 37(1): 24-26.
- XU Yi, WAN Fulei, ZHAO Jian, et al. Erosion and wear study on particle impact drilling system [J]. Drilling & Production Technology, 2014, 37(1): 24-26.
- [26] 黄伟, 姚建林, 郑中凯, 等. 用于粒子冲击钻井系统的钢粒子精确调控装置研究[J]. 钻采工艺, 2022, 45(1): 101-104.
- HUANG Wei, YAO Jianlin, ZHENG Zhongkai, et al. Steel particle precise control device for particle impact drilling system [J]. Drilling & Production Technology, 2022, 45(1): 101-104.

编辑 邹澍滢