

松科一井(主井)取心钻进工艺

朱永宜, 王稳石(执笔)

(中国地质科学院勘探技术研究所, 河北 廊坊 065000)

摘 要:松科一井的科学目标之一,是通过厘米级样品的取样与分析,建立全球范围内可对比的、高分辨率的陆相白垩系综合地质剖面,将传统地质学百万年的时间分辨率提高到万年尺度。因此,岩心采取率指标对松科一井的地质研究具有极其重要的意义。根据主井不同地层,研发与选用硬质合金、PDC、孕镶金刚石 3 类 12 种结构形式的钻头和 2 种隔液保形单动双管取心钻具,采用转盘单回转与螺杆马达+转盘复合回转钻进工艺,在长井段复杂地层取心钻进 1630.41 m,获原状砂样采集率 82.07%、岩心采取率 94.92% 的技术指标。详细介绍了取心钻具结构与钻柱组合、取心作业的难点,及相应的工艺措施与技术效果。

关键词:大陆科学钻探;松科一井;复杂地层;取心钻进;复合回转钻进

中图分类号:P634.5 **文献标识码:**A **文章编号:**1672-7428(2008)09-0001-05

Coring Drilling Technology in Well - 1 (main shaft) of Songliao Scientific Drilling/ZHU Yong-yi, WANG Wen-shi
(The Institute of Exploration Techniques, CAGS, Langfang Hebei 065000, China)

Abstract: One target of the Well - 1 of Songliao scientific drilling was to gain compound geological section of terrestrial cretaceous with high resolution, which could be comparable on a global scale. The sampling was more accurate up to 10 thousand years instead of million years time resolution in traditional geology. According to the different formations of the main shaft, cemented carbide, PDC and pregnant diamond bits with 12 structures and 2 types of single rotary and double tube core barrels were researched and developed. Disc rotary and PDM + disc rotary technologies were applied to deal with complicated formation of 1630.41 m in coring drilling, collection rate of 82.07% was obtained in undisturbed sand sample and 94.92% in coring rate. The paper detailed the difficulties in combination of core barrel structure with drilling string and coring operation, and also introduced the technical measures and the result.

Key words: continental scientific drilling; Well - 1 of Songliao scientific drilling; complicated formation; coring drilling; compound rotary drilling

1 概述

位于大庆油田的松科一井,是国家“973”计划项目“白垩系地球表层系统重大地质事件与温室气候变化”的所属工程,是国际大陆科学钻探计划框架下的全球首例陆相白垩系科学钻探工程。其科学目标之一,是通过厘米级样品的取样与分析,建立全球范围内可对比的陆相白垩系综合剖面,将传统地质学的百万年时间分辨率提高到万年尺度,使地质学研究能够为预测未来全球环境变化提供更多的科学依据^[1]。因此,高质量地采取需研究地层的岩心实物,对“973”项目具有极其重要的意义。

由我所承担、河南地勘局第二水文队和中国地质大学(武汉)工程学院协作完成的松科一井(主井)钻探工程,设计完井井深 1810 m,取心段井深 164.77~1792 m,连续采取第三系泰康组至白垩系

下统嫩江组二段地层的岩心。由于环境科学钻探的特殊性,工程不仅要求平均岩心采取率 $\leq 90\%$,且要求对无胶结松散地层与破碎地层保形取心,常规钻进岩心直径 ≤ 90 mm,保形钻进岩心直径 ≤ 80 mm。

实际完井井身穿越的地层,从工程性质上依次划分为:0~235 m 为流沙层,其下至 750 m 为松软泥岩,750~950 m 为松软泥岩、酥松砂岩、弱胶结砾岩及三者不等厚的互层,950~1250 m 为质地稍硬的红色泥岩与较酥松的青灰色砂岩,井段下部 500 余米主要为坚硬致密的黑色泥岩^[2]。针对复杂多变的地层,工程项目部运用自行设计的隔液保真单动三管保形钻具与单动双管普通钻具,八角硬质合金、PDC 与孕镶金刚石等 3 类 12 种钻头,及转盘单回转驱动与螺杆钻+转盘复合回转驱动钻进工艺,取心钻进 1630.41 m,获得原状砂样采集率

收稿日期:2008-04-23

基金项目:国家重点基础研究计划(973 计划)项目“白垩纪地球表层系统重大地质事件与温室气候变化”(编号:2006CB01400)

作者简介:朱永宜(1954-),男(汉族),安徽安庆人,中国地质科学院勘探技术研究所教授级高级工程师,松科一井(主井)工程项目负责人,钻探工程专业,从事钻探工程研究工作,河北省廊坊市金光道 77 号,zyy@ccsd.cn;王稳石(1982-),男(汉族),湖南益阳人,中国地质科学院勘探技术研究所助理工程师,勘查技术与工程专业,从事钻探工程研究工作,wangwenshi@cniel.com。

82.07%、各类岩心平均采取率 94.92% 的质量指标。

2 钻具结构与钻柱组合

2.1 钻具结构

2.1.1 单动结构

钻具的单动结构,直接沿用我所为中国大陆科学钻探工程科钻—井设计的 KZ 型钻具结构,该钻具在科钻—井中进尺 4638 m,承受了坚硬地层中螺杆钻+液动锤井底复合驱动的恶劣工况,单动结构平均寿命达 80 纯钻进小时。结构的特点,是高强度轴承设计、全泵量开式强制润滑、轴承腔内部微循环清垢与可靠的内管防松扣措施^[3]。

2.1.2 三层管保形钻具结构

选摩擦系数小、透明度与刚性好、物理化学性质稳定的 PC 管(衬管),与钢内管、隔液短接及其他内管附件共同组成内总成,通过单动机构联接,与外总成构成隔液的单动三管保形钻具。衬管与钢内管为松动的插接关系,拆装方便,样品运输与保管安全。衬管取出钻具后两头封装,现场可清晰地隔管对样品做野外描述,然后送冷库冻结成形,供剖切后做更深入的地质研究。

2.1.3 钻具技术规格

2.1.3.1 取心工具(见表 1)

表 1 取心工具技术规格

类型	钻头/mm		外管/mm		内管/mm		衬管/mm		容纳岩心长度/m
	外径	内径	外径	壁厚	外径	壁厚	外径	壁厚	
保形	157	82	139.7	7.72	108	4.5	95	4	9.0
普双	157	95	139.7	7.72	108	4.5			2.5

2.1.3.2 螺杆钻

4LZ120×7-VI 型,输入排量 8.25~16.5 L/s,允许最大压降 7 MPa,输出转速 128~256 r/min,工作扭矩 2137 N·m。

2.2 钻柱组合

钻头+下扩孔器+岩心管+上扩孔器(+螺杆钻)+Ø140 mm 钻铤(3~5 t)+Ø89 mm 钻杆+方钻杆。

3 工艺措施与技术效果

地勘队伍在湖盆沉积地层施工,本身就面临经验不足的挑战。大庆地区无浅层取心历史,无可借鉴的施工经验与岩心资料。项目部对大庆地层毫无认识,技术方案与物资准备上均有一定的盲目性。这些本是远程钻探施工的大忌,加之担任施工的河

南地勘局第二水文队几乎无岩心钻探实践(但又少有岩心钻探队伍具备与本工程配套的设备与管材),各操作环节都要经历一段时间的磨合积累。因此,项目部始终面对地层变化引发的质量、技术与进度问题,这也是本井完井周期长达 421 天(含冬季停工 167 天,一开固井与透井 4 天,不可控待料 11 天)的主要原因。

3.1 一开井段

3.1.1 问题与难点

(1)开钻即遇毫无胶结、惧冲蚀、易流动的松散粗~粉细砂层,正式取心钻进前,入井 3 类钻具试取 14 个回次,进尺 16.94 m,仅取砂样 5.1 m,采取率 30%。试取结果如表 2 所示。

表 2 砂层试取样钻进统计表

钻具类型	进尺/m	回次数	样品量/m	采取率/%	时效/m	回次进尺/m
单动双管	12.64	5	2.55	20.17	4.08	2.53
双动双管	3.01	4	1.55	51.50	3.90	0.75
单动压刀	1.29	5	1.00	77.52	0.52	0.26
合计	16.94	14	5.10	30.00	2.69	1.21

(2)井深 211 m 进入强水敏性松软泥岩后,地层过强的粘结性,对硬质合金散布的平底阶梯式厚壁钻头造成了 3 个不良后果:①钻头泥包无出刃,短时间内钻进效率即大幅下降,最终不进尺;②泥团糊住卡簧室下腔,阻碍卡簧下行卡心;③钻具泥包产生活塞效应,提钻时岩心或衬管内砂样受到强大的负压抽吸(见图 1),一开泥岩钻进见表 3。



图 1 因负压抽吸变形的衬管

表 3 一开泥岩钻进统计表

钻具类型	进尺/m	回次数	岩心长/m	取心率/%	时效/m	回次进尺/m
单动双管	15.00	17	14.66	97.73	0.51	0.88
单动三管	18.56	15	13.76	74.14	0.82	1.24
合计	33.56	32	28.42	84.68	0.64	1.05

3.1.2 砂层取样工艺措施

(1)三管保形钻具与隔液钻头的结构配合。隔液钻头内圈超前,保护钻头底部砂样不受外环隙的泥浆冲刷;钻头隔液环与隔液短接配合,结合钻头卸压槽对泥浆压力的超前释放,实现“钻具内腔压力不小于内外总成结合部压力”,防止泥浆进入内管与钻头内;衬管可避免钻进时对砂样的扰动,并确保

砂样无损出管。

(2) 钻进开始与结束前均采取干钻措施。开始钻进时约 10 cm 干钻形成的砂塞, 防止泥浆从砂样与钻头内壁的环隙经钻头底唇流向外环隙; 回次结束前 10~20 cm 的干钻, 因挤压、温升等作用, 形成与钻头内壁有较强粘着力固结砂塞, 提钻时承托衬管内的砂样。

(3) 小泵量、小压力、低转速、短回次进尺的小规程钻进。大泵量易使地层与心样受冲蚀; 高转速可能扰动地层、损耗样量; 大压力、长回次进尺, 易使管内砂样堵塞, 影响样品采集率。

3.2 二开井段

3.2.1 问题与难点

二开除巨厚段松软泥岩的糊钻问题需要解决外, 随着井身的延深又出现如下问题。

(1) 750~950 m 井段为松软泥岩与泥页岩、砂岩、砾岩交替出现的井段, 地层软硬变化频繁, 易造成硬质合金钻头崩刃、PDC 钻头泥糊不进尺。

(2) 950~1250 m 井段, 红色泥岩造浆性陡增, 砾岩胶结微弱, 泥页岩、砂岩硬度不高但发脆。其危害有 3 个: 井壁经机械扰动和地应力释放, 在提钻抽吸作用下引发频繁掉块; 泥浆切力与固相含量剧增, 严重影响钻进效率与井壁安全; 岩心受力后变形大, 卡簧卡取岩心或不牢固, 或因收缩过度被拉出卡簧座, 残留井底的大段岩心与卡簧均需专门捞取。

(3) 1250 m 以深出现黑色坚硬致密泥岩, 1300 m 至完钻井段几乎全为这种岩石, 硬质合金钻头与 PDC 钻头的机械钻速均降到 0.2~0.3 m/h, 采用孕镶金刚石钻头后, 钻速也只提升到 0.5 m/h, 以此效率, 根本无法于 2007 年当地冰期前(10 月中、下旬)完钻。

(4) 对于大口径钻具, 传统的出心方法不仅劳动强度大、出心时间长, 还因管内堵卡、机械振动以及岩心自由下落等原因, 造成塑性、酥性岩心的变形与脆性岩心的伤害, 地层的原始信息被人为破坏。

3.2.2 主要工艺措施

(1) 设计对地层带广谱性的锥形嵌块式硬质合金钻头, 配大泵量钻进松软地层、质地稍硬的成岩地层及二者交互的多变地层。钻头的结构特点是: 底部排屑、排水空间大、底唇与地层接触面积小, 松软的泥屑未能堆积粘结即被冲走, 避免了泥包糊钻; 切削刃呈螺旋式阶梯排列, 回转的离心力将钻屑甩出可避免重复破碎, 井底阶梯状自由面减小了硬岩的切入阻力, 排状螺旋分布的切削具相互间补强, 延长

了钻头的有效工作时间; 切削具块镶, 不仅可保证内、外出刃规则, 且钻头维护方便、刚体寿命大大延长, 具有实际的经济意义(用石油钻具接头料制作的钻头刚体, 每只成本达 2000 元)。

(2) 大壁厚、大行程、大斜角、大缺口的卡簧设计, 提高易变形岩层的采心可靠性。增大卡簧壁厚有 2 种设计: 卡簧内径(自由状态, 下同)不变, 加大其外径(自由状态, 下同)和卡簧座外径; 卡簧座与卡簧外径不变, 加大卡簧与钻头的内径负公差、减小卡簧座最小限位直径。2 种设计均可使卡簧更深地卡入岩心而不被拉出卡簧座, 但由于钻具结构限制已不能再增大卡簧座外径, 故本井采用第 2 种设计。卡簧壁厚增加的同时, 必须保证有足够大的卡簧行程, 使其在上死点能张开到允许岩心顺利通过; 大锥角可以保持卡簧长度不变来增加卡簧壁厚, 同时有利于卡簧径向的快速收缩; 大缺口则允许卡簧产生更大的径向收缩, 使之更紧地抱住岩心。本井选取了 1.0~1.2 mm 内径负公差、12~15 mm 缺口、5°斜角(岩心钻探中卡簧斜角均为 3°)的设计参数。

(3) 使用大功率泥浆泵, 转盘+螺杆钻复合回转, 驱动孕镶金刚石钻头钻进黑色坚硬致密泥岩。因钻机的现场状况不佳, 最高转速实际只能开到 90 r/min, 显然不能满足孕镶钻头的高转速要求。另因井内存在长段易掉块地层, 为防止钻进时掉块憋钻引发钻杆折断甚至插头事故, 项目部已严禁转盘快速回转(曾发生过 2 次钻进时掉块憋车现象, 均因关车及时并妥当处理, 未酿成井内事故)。螺杆钻复合回转钻进时, 开动转盘(37 r/min)仅为消除井壁对钻柱的静摩擦影响, 使钻压及时均匀地传到井底, 切削仍依赖螺杆钻的井底高速回转(约 240 r/min)。由于钻头转速提高近 5 倍, 孕镶钻头的平均时效也相应从 0.5 m 提高到 0.8 m 以上, 而钻进时的掉块憋车现象再未发生。

(4) 井深 1000 m 后租用高速离心机定时清除泥浆内含量过高的固相(图 2)。经离心机处理后的泥浆, 含砂量降低, 泥皮质量提高, 钻进效率也随流动性能明显改善而提高。但泥浆内部分加重剂与处理剂无疑也会随固相颗粒甩出, 使泥浆密度降低显著(见表 4), 失水指标也略有下降, 因此处理后的泥浆都要予以及时维护。

(5) 设计水力出心装置, 克服传统出心方法操作环节多、劳动强度大、占用井口时间、对岩心有人为损伤的种种弊端。装置极为简单也很有效, 出心时只要在钻具上接头联接送浆管, 再封住内、外管下

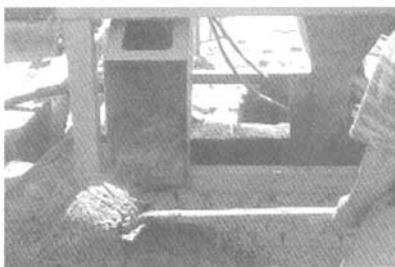


图2 离心机的除泥效果

表 4 首次采用离心机处理的泥浆性能对比

时间	密度 /(g·cm ⁻³)	视粘度 /s	初切/终切 /Pa	含砂量 /%	泥饼厚度 /mm
处理前	1.125	38.7	6/16	0.7	1.0
处理后	1.041	22.1	2/12	0.4	0.5

端环隙,即可利用水压将岩心整体推出内管,真正做到常规钻具的岩心无损出管。

3.3 典型钻进参数(见表 5)

3.4 技术效果

表 5 典型钻进参数表

井段	地 层	钻具	钻进方法	钻压/kN	转速/(r·min ⁻¹)	泵量/(L·s ⁻¹)	说 明
一开	砂层	保形	硬质合金	8~15	37	35~118	地表部分回浆
	松软泥岩	保形、普双	硬质合金	20~30	52	165~230	
	松软泥岩	普双	硬质合金	15~25	52	800	
二开	红色泥岩、青灰色砂岩等	普双	硬质合金、PDC	15~25	52	800	转盘单回转 螺杆钻复合回转
	黑色致密泥岩	普双	孕镶金刚石	20~30	52、90	800	
	黑色致密泥岩	普双	孕镶金刚石	25~35	37+240	950	

3.4.1 隔液保形钻具

第 21 回次、井深 164.77 m 取心正式开始,至第 77 回次末、井深 210.93 m,地层均为无胶结的砂层,三管保形钻具在该地层取得了良好的质量成果。第 78 回次井身进入松软泥岩,泥、沙界面(初步判断为泰康组与明水组的地层界面)被原样取出,透明 PC 管内界面清晰可见(见图 3),该回次采取率达 153%(上回次丢失的沙样被同时捞起),回次成果用于判层依据充分。由于施钻区域第三系与白垩系地层有缺失关系,大庆又无浅地层取心历史,地层分界一直缺少实物资料,因此“973”项目首席科学家和大庆油田的地质专家们对第 78 回次的成果欣喜不已。

3.4.2 锥形嵌块式螺旋排镶硬质合金钻头

该钻头在松软泥岩、泥页岩、砂岩、砾岩等各类地层中,各项技术指标较平底式钻头均有大幅度提高。钻头入井 175 个回次、纯钻进时间 639.26 h、总进尺 928.11 m,回次长度超过 6 m 的达 83 个回次、超过 8 m 的达 31 个回次,仅使用钻头刚体 5 个,其



图3 泥、砂交界面

中 2 个还可继续使用。

3.4.3 转盘+螺杆钻回转钻进工艺

共用天津立林石油机械有限公司生产的 41Z120×7-VI 型螺杆钻 3 根,在致密泥岩中钻进 33 个回次(其中 1 根钻进时溜钻使轴承受损,仅入井 5 个回次即报废),表 6 为转盘单回转与螺杆钻复合回转在相邻回次的钻进效果对比,突出反映了 2 种工艺方法的效率差别。

表 6 复合钻进与转盘单回转钻进效果对比表

回次编号	井深/m	钻进方法	进尺 /m	纯钻时 /(h:min)	钻速 /(m·h ⁻¹)	钻压 /kN	转速 /(r·min ⁻¹)	排量 /(L·min ⁻¹)	泵压 /MPa
359	1516.68~1521.35	单回转	4.67	12:30	0.37	20~30	52/90	950	8.5
360	1521.35~1530.46	复合回转	9.11	8:30	1.07	15~25	37+240	950	11.0
361	1530.46~1538.93	复合回转	8.47	5:20	1.58	17~25	37+240	950	11.0
362	1538.93~1541.00	单回转	2.07	6:40	0.31	18~27	52	950	7.0
363	1541.00~1541.65	单回转	0.65	5:20	0.12	13~25	90	950	8.0
364	1541.65~1550.51	复合回转	8.86	7:00	1.27	10~14	37+240	950	11.5

3.4.4 大壁厚、大斜角卡簧

由图 4 可见改进卡簧在受力后变形量较大的成岩地层中的卡心效果。右端部的碎块,为被卡簧紧紧抱死后,地表人力强击出卡簧座的岩心。



图 4 大壁厚、大斜角卡簧的卡心效果

3.4.5 泥浆体系与水力出心装置

本方面成果另文介绍。

4 钻头的应用

主井投用或试用的钻头及其钻进效果如图 5 与表 7 所示。

图 5(a)为一开所用的平底阶梯式保形与普双钻头,硬质合金与 PDC 镶嵌,项目部设计,北京探矿工程研究所、大庆油田钻头厂、鄂州新型材料研究所加工。

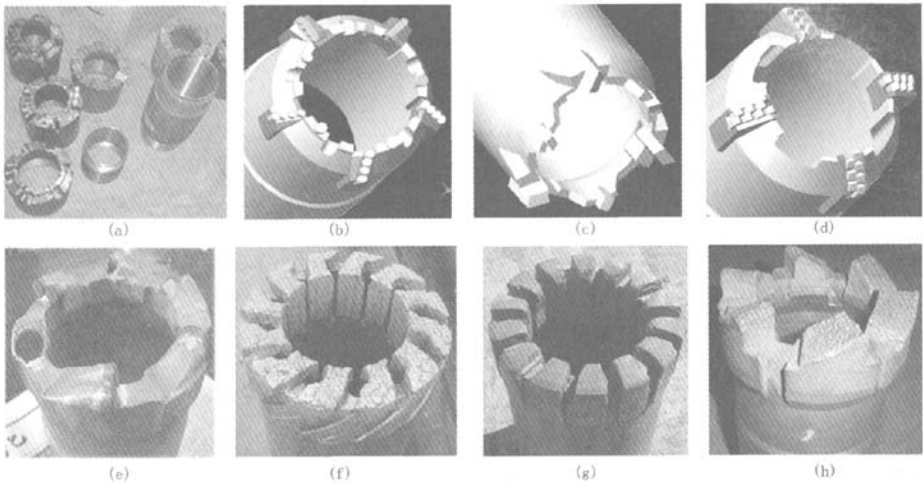


图 5 主井投(试)用的钻头

表 7 各类钻头与钻进方法的钻进效果

钻头类型	地层描述	进尺/m	岩心长/m	采取率/%	回次进尺/m	机械钻速/(m·h ⁻¹)
保形平底阶梯合金	砂层与松软泥岩	61.09	48.55	79.47	0.9	1.26
保形平底阶梯 PDC	松软泥岩	5.82	5.23	89.87	1.16	0.48
普双平底阶梯合金	松软泥岩	13.32	12.94	97.15	0.78	0.72
普双锥形嵌块式合金	松软泥岩、泥岩、砂岩等	928.11	859.45	92.61	4.83	1.33
普双 PDC	泥岩、砂岩、砾岩	224.43	221.07	98.50	5.47	0.78
普双孕镶金刚石(转盘单回转)	致密黑色泥岩	135.66	146.35	107.88	7.14	0.55
普双孕镶金刚石(螺杆钻复合回转)	致密黑色泥岩	261.98	248.07	94.69	8.19	0.81
合 计		1630.41	1541.66	94.56	4.35	1.00

图 5(b)为锥形嵌块式螺旋排镶硬质合金钻头,项目部设计,鄂州新型材料研究所加工,是 245 ~ 1150 m 井段的主打钻头。

图 5(c)为块状硬质合金钻头,项目部设计,拟用于具板实感的泥岩钻进,钻效不及图 5(b)所示钻头好,且因内出刃长而利,岩心磨细未取上,仅在第 196 回次用后即停。

图 5(d)为尖齿硬质合金钻头,项目部设计,用于探索尖齿 PDC 钻头钻进致密泥岩的可行性,第

359 回次在致密泥岩中钻效甚佳,但后遇砂岩磨钝硬质合金(亦有崩刃)钻速陡降,结果证实尖齿 PDC 钻头方案可行。

图 5(e)为普通 PDC 钻头,项目部设计,鄂州新型材料研究所加工,是二开钻进中硬到坚硬致密过渡地层的主要钻头。

图 5(f)、(g)为平底电镀/热压金刚石孕镶钻头,分别为福建南平市蓝桥钻头厂与桂林金刚石制

(下转第 10 页)

加金刚石消耗,易发生糊钻或烧钻。因此,合适的泵量应为120~150 L/min,可满足钻进需要。在金刚石钻进过程中,钻压、转速、泵量三者是互相配合,又是互相制约的,其中一个参数变化,另外两个参数也要相应地调整,即根据岩石性质、钻头类型及其它条件,选择三者最优的配合关系。

(3)适时换用钢粒钻进,以提高钻进效率,降低钻头成本。在致密、坚硬的石英砂岩地层中钻进,施工前期主要是采用金刚石钻进方法,包括钻头的选型及钻进参数的控制,虽然提高了一些钻进效率,但效果不是太明显,金刚石钻头磨损严重,更换频繁,从而造成钻头成本增加,钻进效率降低。因此,在施工的中后期,果断、适时地换用了钢粒钻进。首次换用钢粒钻进时,宜采用“四小”规程,即小投砂量(0.5~1 kg)、小水量(30~50 L/min)、小压力(1~2 kN)、小转速(90~120 r/min),钻进一个回次后,再改用正常钻进规程。施工中采用分批投砂法,即在每回次钻进开始前,先将回次投砂量的50%~60%(约1~1.2 kg)投入孔内,余下的部分再分1~2次在回次钻进中期补投入孔内。正常钻进时,钻压要均匀一致,调节水量要平稳。回次终了应采取措施把岩心采尽。在602号孔施工中,换用钢粒钻进后,单位小时进尺0.2~0.4 m,回次进尺可达0.6~0.8 m,该孔厚达16 m,硬度达9级以上的石英砂岩,用5天时间就安全顺利地穿过。采用钢粒钻进,要特别注意钻头水口不宜盲目求大,以满足一个回次钻程为好。每回次终了应开大泵量冲孔,保持孔底清洁,若孔底残留的钢粒碎屑沉淀厚度超过0.3 m,必须冲孔捞取。钢粒钻进全部结束后,必须采取有效措施,将孔底的钢粒捞取干净,确保后续钻进的安全进行。2007年度在该矿区施工的14个钻孔中,先

后有8个钻孔采用了钢粒钻进,并且都较顺利地穿过了该层石英砂岩。钻探实践证明,遇到致密坚硬的难钻地层时,采用传统的钢粒钻进方法比金刚石钻进等其它方法有时更经济、实用,不但提高了钻效,而且还节省了钻头成本。

4 结语

在煤田钻探施工中,在一个矿区内施工时,大多数钻孔同时遇到第四系巨厚卵砾石层松散、漏失、坍塌,煤系地层构造复杂、裂隙发育、漏失严重,部分层段致密坚硬、复杂难钻、效率低下等诸多钻探难题,还比较少见。因此,施工中面对这些接踵而至的复杂地层问题,需在认真分析矿区地质构造和地层特征的基础上,结合现有施工设备、施工技术,同时吸取前人在该矿区的施工经验,因地制宜采取一些有效技术措施。施工前期,针对钻孔漏失、坚硬难钻等问题,虽然采取了一些措施,但效果并不明显,曾数次进行重复钻进、重复堵漏,耗时费力。施工中、后期,通过改变堵漏方法,换用钢粒钻进等措施,才得以成功堵漏,并很快穿过致密坚硬的石英砂岩层。因此,看似传统、过时的技术、方法,只要运用得当,就仍然会发挥其重要的作用。

参考文献:

- [1] 李明霄. 卵砾石不稳定地层的钻探技术实践[J]. 探矿工程, 2001, (6).
- [2] 赵树山. 强行渗透方法在小口径金刚石钻探堵漏中的应用[J]. 西部探矿工程, 2007, (5).
- [3] 赵运兴. 煤田钻探技术手册[M]. 北京: 煤炭工业出版社, 1989. 654~665, 938~956.
- [4] 韩广德. 中国煤炭工业钻探工程学[M]. 北京: 煤炭工业出版社, 2000. 271~280, 620~639.

(上接第5页)

品厂制做,(f)是黑色致密泥岩层的主打钻头,单钻头入井38回次,进尺313.69 m。

图5(h)为锯齿电镀金刚石孕镶钻头,因镀层太薄且无保径措施,在致密泥岩中钻进6个回次、进尺51.62 m后失效。

5 结语

(1)采用保形钻具、普双钻具、螺杆马达+普双钻具组合,选用平底阶梯式合金、锥形嵌块式螺旋排镶硬质合金、PDC、孕镶金刚石等各类钻头,制备、调整并精心维护优质泥浆体系,高质量完成了主井钻

探工程,为深入地质研究提供了充实的地层实物资料。

(2)根据地层变化,灵活选用干钻,大壁厚、大行程、大斜度卡簧和传统的3°卡簧等取心方法,保证了主井复杂多变地层的岩心采取率。

参考文献:

- [1] 王成善,等. 中国白垩纪科学钻探工程: 松科一井科学钻探工程的实施与初步进展[J]. 地质学报, 2008, 82(1).
- [2] 朱永宜,王稳石. 中国白垩纪科学钻探松科一井(主井)钻探工程概要[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2008, 35(3).
- [3] 朱永宜. KZ型单动双管钻具研制与应用[J]. 石油钻探技术, 2006, 34(3).