

中国白垩纪科学钻探松科一井(主井)钻探工程概要

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:松科一井是为获取白垩系完整的地层资料而在我国松辽盆地布置的环境科学钻探工程, 是国家 973 计划项目的重要组成部分。概要介绍和总结了松科一井(主井)施工情况和所取得的技术成果。

关键词:大陆科学钻探; 松科一井; 取心钻进; 复杂地层; 复合钻进

中图分类号: P634.5 **文献标识码:** B **文章编号:** 1672-7428(2008)03-0001-04

Summary on China Cretaceous Scientific Drilling Engineering in Well - 1 of Songliao Scientific Drilling/ZHU Yong-yi, WANG Wen-shi (The Institute of Exploration Techniques, CAGS, Langfang Hebei 065000, China)

Abstract: Songliao Scientific Drilling Engineering was started for full data of strata in the Cretaceous, and was an important part of 973 Project in China. The paper summed up the engineering of Well - 1 of Songliao Scientific Drilling and the technological result.

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

1 科学意义与工程目标

松科一井主井(又称北井)与南井, 是中国地质大学(北京)承担的国家重点基础研究发展计划(973 计划)项目, 为获取松辽盆地完整的白垩系地层实物资料, 综合研究白垩纪地球表层系统重大地质事件与温室气候变化布置的大陆科学钻探工程。其中主井施工由我所承担, 采用水源钻井装备获取第三系泰安组至白垩系下统嫩江组二段地层的岩心, 取心井段(井深 164.77 ~ 1792 m)的岩心采取率 $\geq 90\%$, 完井最大井斜角 $\leq 10^\circ$; 南井施工由大庆油田指定其内部钻井队承担, 使用石油钻井设备获取嫩二段以下地层的岩心。

2 工程项目部组建与管理

工程项目部由勘探技术研究所、中国地质大学(武汉)与河南地质工程公司组成, 各自职责为:

(1) 勘探技术研究所对本井工程质量、技术方法、施工安全与工程进度负总体责任, 是项目部的中樞单位;

(2) 中国地质大学(武汉)在钻井液方案、制备与维护方面开展科研与日常工作;

(3) 河南地质工程公司提供工程常规装备与人力资源, 按项目部制定的技术方案进行工程施工。

业主派驻现场的钻井监督参与项目部各项决策、钻井技师常住井场示范指导、项目经理或钻井监督回次例巡、每日在项目部住地进行生产例会。例会是分析现场工作、交流工作体会、提高队伍素质、形成各项决策与规章制度的最重要的组织形式。例会形成的意见与程序, 由施工负责人与钻井技师在井场具体落实。

3 工程设计与施工

3.1 井址、地层与施工条件

井位处黑龙江省大庆市大同区小庙子屯, 行政隶属黑龙江省农垦总局绥化分局和平牧场。

钻遇地层依次为第四系、第三系、白垩系上统明水组、四方台组和白垩系下统嫩江组。井深 0 ~ 235 m 为流沙层, 以下至 750 m 为松软泥岩, 750 ~ 950 m 为松散砂岩、水敏性泥岩、砾岩, 且不等厚互层, 井段下部 500 余米为坚硬致密的黑色泥岩。

井场南距大庆市区 100 km, 有 3.5 km 土便道搭接通往大庆市区的柏油道路, 交通较为便利。井场 100 m 外有 10 kV 高压线路通过, 变压后施工机械可以实现电驱动。场地四周无地表水分布, 但地下浅层水发育, 可打浅井蓄水供施工使用。

3.2 装备选型

收稿日期: 2008-01-28

基金项目: 国家重点基础研究发展计划(973 计划)“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, 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。

TJS-2000 型钻机; BW320(一开用)、BW1200(300~1450 m 用)、3NB-350(1450 m 以深用)型泥浆泵; 24.5 m 四角铁塔; 为提升平台高度安装井口防喷器, 自行设计制作的平台基础钢构架净高度 2.1 m; ZQJ-300×2 型旋流振动除砂器; LWG600-1019N 型高速离心机; Ø89 mm 钻杆; Ø146 mm 钻铤, 5 t; 取心钻具: 钻头外径 157 mm, 常规钻具岩心直径 95 mm, 保形钻具岩心直径 82 mm。

3.3 施工概况

2006 年 8 月 29 日一开开钻, 全面钻进至 102.77 m 后, Ø157 mm/Ø95 mm 钻具在砂层第一次试取心。失败后于 152.77 m 第二阶段砂层试取心, 经五类钻具十多回次的失败试验与改进, 隔液保真钻具在砂层取样成功。10 月 20 日井深 245 m, 一开取心钻进结束(进入具板实感的泥岩 10 m), 随之 Ø311 mm 口径扩眼到底, 下入 Ø245 mm 套管固井。

2007 年 4 月 10 日二开开钻。井深 750 m 以浅, 地层除少遇成块状的泥、砂岩外, 均为松软的泥岩, 机械钻速一般在 2 m/h 以上。720~950 m, 地层主要为质地较软的红色泥岩与胶结较弱的青灰色砂岩, 机械钻速一般在 1.5 m/h 以上。以深地层中致密的黑色泥岩比重渐增, 钻速大幅度下降。9 月 7 日, 井深至 1530 m, 开始采用螺杆钻+转盘复合回

转驱动孕镶金刚石钻头钻进。10 月 19 日, 至井深 1795.18 m, 结束取心钻进。10 月 22 日 Ø152 mm 牙轮钻头全面钻进至井深 1811.18 m 完钻。

3.4 完井井身结构(表 1)

表 1 井身结构

井段/m	井径/mm	完井结构
0~12.35	500	Ø450 mm×7.5 mm 井口管
12.35~245	311	Ø245 mm×7.5 mm 表层套管
245~1811.18	157	Ø157 mm 裸眼

4 技术成果与创新

限于篇幅, 本节对各技术仅做成果性叙述, 详尽的技术论述将另文再谈。

4.1 工程技术指标

建井周期共 421 天, 其中冬季停工 157 天。完钻井深 1811.18 m, 完钻层位下白垩统嫩一段。164.77~1795.18 m 取心进尺 375 回次, 平均回次进尺 4.35 m, 平均机械钻速 1.0 m/h, 岩心采取率 94.55%。井深 1000 m 处顶角 2.25°, 根据 1000 m 以深的地层产状、岩石力学均匀性及取心钻具的防斜效果分析, 下部井段不会有异常的井斜发展, 故未再做井斜测量。具体工程技术指标见表 2。

表 2 取心钻进技术指标

井段	钻进方法	进尺/m	岩心长/m	回次数/回次	纯钻时/h	岩心采取率/%	回次进尺/m	机械钻速/(m·h ⁻¹)
一开	保形	61.51	50.11	69	49:15	81.47	0.89	1.25
	常规	18.72	16.61	21	30:16	88.73	0.89	0.62
	砂层	46.67	38.30	58	28:23	82.07	0.80	1.64
	泥岩	33.56	28.42	32	51:08	84.68	1.05	0.66
	合计	80.23	66.72	90	79:31	83.16	0.89	1.03
二开	硬质合金	937.74	868.95	194	703:01	92.66	4.83	1.33
	PDC	220.74	217.77	40	281:58	98.65	5.52	0.78
	孕镶金刚石	391.70	388.22	50	561:40	99.11	7.83	0.70
	其中: 转盘单回转	129.26	131.24	17	235:55	101.53	7.60	0.55
	螺杆钻复合回转	262.44	256.98	33	325:45	97.92	7.95	0.81
	合计	1550.18	1474.94	285	1546:39	95.15	5.44	1.00
全井	164.77~1795.18	1630.41	1541.66	375	1626:10	94.55	4.35	1.00

4.2 松散砂层取样技术

选用透明度与刚度好、物理化学性质稳定的 PC 管做衬管, 松动地插入内管并进行轴向定位, 实现单动三管保形钻进。既做到了样品保真与无损出管, 又可透过衬管直接观察描述心样。

钻具与钻头的隔液性能, 是砂层取样的关键技术。经过钻前设计与大量现场实践, 探索出了钻具各参数间的优化配合, 取得了在近 50 m 流沙层中样品采取率达 82% 的优良指标, 尤其是井身进入粘软

泥岩时, 泥、沙界面被原样取出, 透明 PC 管内界面清晰可见(见图 1a), 取样效果见图 1。

4.3 嵌块式广谱硬质合金钻头

钻头切削具设计成嵌块形式, 嵌块式设计对刚体不加损坏即可现场更换切削具, 同时可以确保切削具内、外出刃规则, 不仅维护修复极为便利, 也大大压缩了现场的钻头储备。

所谓广谱性, 是指钻头在粘软~中硬地层中的钻进适应能力。厚壁硬质合金钻头在粘软地层易泥

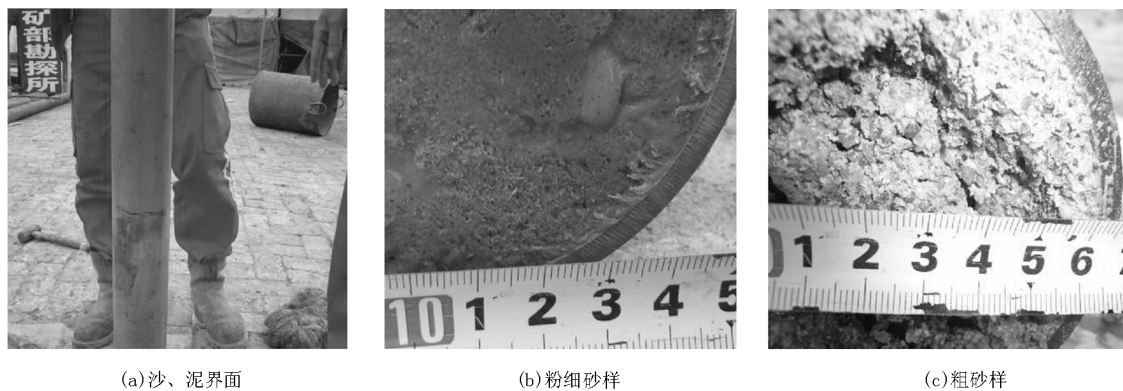


图1 隔液、保真钻具取样效果

包糊钻,在中硬程度的成岩地层中因刻取面积大而钻效低,两类地层在本井大量存在并多层穿插,这就要求钻头不仅能在单一地层中高效钻进,还要有适应地层变换的能力,否则会频繁提钻换钻头增加钻探辅助时间。设计的新型钻头如图2所示,图3为该钻头在不同地层中所钻取的岩心。



图2 嵌块式广谱硬质合金钻头

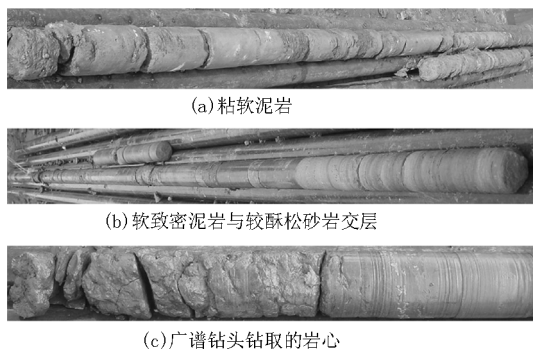


图3 广谱钻头钻取的岩心

二开中该钻头共进尺900余米,纯钻时近700 h,入井回次数近190次,实际使用刚体5个,平均回次进尺超过4.8 m(其中83个回次的回次进尺超过6 m)。影响回次进尺长度的主要原因是二开初期对地层性质不了解时为保岩心采取率所采用的保守钻法,卡簧配合不适应地层性质发生岩心脱落时采

取的捞心措施,及长段砂岩中钻进时的切削刃磨损。

4.4 复合回转钻进技术

进入黑色致密泥岩后,无论是硬质合金钻头还是PDC钻头,钻压加到45 kN、泵量开到800 L/min,但钻速均只在0.2~0.3 m/h,且两种钻头的钻效基本无区别,更换泥浆泵将泵量加到950 L/min也未见效果,启用孕镶金刚石钻头后,钻速也仅0.5 m/h左右。

孕镶钻头主要依靠高转速磨削碎岩,因此,为了提高钻头转速,在更换大功率泥浆泵和现场电力增容的基础上,采用螺杆钻+转盘复合回转钻进工艺后,致密泥岩中的钻进效率才得以成倍提高。该工艺在深1521.35~1795.18 m全段黑色致密泥岩中钻进33个回次,累计进尺262.44 m,平均回次进尺7.95 m,机械钻速0.81 m/h,岩心采取率97.92%,实现了在转盘低速开动下提高钻进效率的技术意图。

4.5 水压出心装置

传统的大口径钻具出心方法劳动强度大、出心时间长,且因管内堵卡、机械振动以及岩心自由下落等原因,易造成塑性与酥性心样的变形与脆性岩心的伤害。研制的水力出心装置,出心时只要在钻具上接头联接送浆管,再封住内、外管下端环隙,开泵即可利用水压将岩心整体推出内管。装置减去了传统出心方法的各个环节,真正做到了常规钻具的岩心无损出管。

4.6 泥浆护壁技术成果

一开地层为松散的流沙层与松软泥岩,这类地层在岩心钻探上均被认为是复杂地层,极易引发卡钻、埋钻等井内事故,还可能会因长井段坍塌导致钻井报废。一开至完钻历时53日历天,钻具在流沙层与松软泥岩层中裸眼提、下110回次,不仅从未发生过井内险情,且井径规整、极少沉淤,固井时井内注

浆量表明井眼超径系数小于 1.08。

二开井段总长 1566 m,上部为松软、水敏性泥岩与酥松、脆弱的砂岩、砾岩穿插,850 ~ 1500 m 含多段易掉块地层。二开至完钻裸眼历时 193 日历天,提下钻具 295 回次,从未发生水敏地层膨胀缩径、脆性地层掉块导致钻具遇阻和卡钻事故,图 4 为因提钻抽吸作用落入井底,又随岩心被取出的掉块。

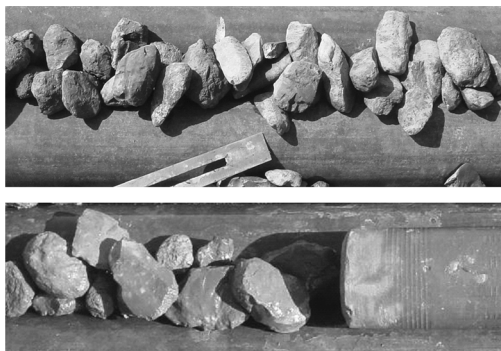


图 4 随岩心取出的井壁掉块

5 结论与思考

(1) 主井在规定的井段取心钻进 1630.41 m,获

取 $\varnothing 95$ mm 岩心 1541.66 m,平均岩心采取率 94.55%,高标准地完成了本井最重要的钻探质量指标。

(2) 研制的隔液、保真钻头和嵌块式广谱硬质合金钻头,在本井取得了良好的钻进效果;水压出心装置解决了大口径钻具出心劳动强度大、时间长、岩样易损坏等问题;优质钻井液体系在复杂地层中保证了长时间的长裸眼段钻进。

(3) 较采用配套石油钻井装备与工艺的南井相比,主井现场施工时间多 5 个月,工程总费用少 2/3。尽管主井钻进地层更复杂,取心难度更质,取心进尺更多(南井取心进尺 950 m),但仍可结论:水源钻井装备的钻进效率与工程费用均远远低于石油钻井装备。在满足科研进度的前提下,主井探索了一条低成本进行类似科学钻探工程的成功之路。

(4) 钻进 1800 m 井深,TJS-2000 型钻机配 $\varnothing 89$ mm 钻杆能力明显不足,应选用更大规格的钻机,或使用 $\varnothing 73$ mm 钻杆;泥浆固控对钻进效率和钻头寿命意义重大,应自开钻开始就配置完善的固控设备;提高回次进尺长度,是提高深井钻进效率的最重要途径,钻具的岩心容纳长度还应进一步提高;钻进致密坚硬泥岩的钻头有待改进。

国土资源部发布指导意见科学规划部署深部找矿

中国地质调查局网站消息 国土资源部近日发布了《关于促进深部找矿工作指导意见》,以促进我国固体矿产勘查向深部拓展,实现找矿重大突破。《意见》的主要内容如下:

一是明确深部找矿工作的战略目标。到 2020 年,发现一批具有宏观影响的深部矿床,显著增加已有矿山接续资源储量,明显延长矿山服务年限。开展主要成矿区带地下 500 ~ 2000 m 的深部资源潜力评价,重要固体矿产工业矿体勘查深度推进到 1500 m。创新具有中国特色的深部成矿和找矿理论,推动矿床学和勘查学学科的发展。建立深部找矿方法与技术体系,地质、物探、化探、遥感综合找矿与钻探技术取得明显进步;矿产预测的理论和方法技术水平明显提升。建立有利于促进深部找矿工作的勘查开采技术经济政策体系。

二是科学规划部署深部找矿工作。根据经济社会发展和矿产勘查规律,按照矿产资源规划和地质勘查规划的要求以及确定的重点领域和地区,坚持公益性地质调查与商业性矿产勘查相协调,产学研相结合,深部找矿与外围拓展相结合,重点成矿区带新区发现与面上找矿相结合,理论引导与技术创新相结合,遵循客观规律,科学部署深部找矿工作。加强深部找矿部署研究,根据不同成矿区带、不同勘查阶段和不同矿种的特点,分层次有重点地开展深部成矿规律研究;选择重点成矿带,开展深部矿产资源预测评价,为科学部署深部找矿工作提供依据。加强深部矿产的普查,提高勘查工作的效益。重点开展新发现大中型矿产地深部资源的整体勘查,加强已有矿山深部找矿工作,积极开展资源接替

区深部远景资源控制和探索。加强厚覆盖区隐伏矿产预测与深部勘查。

三是适时开展深部找矿示范工程。在重点成矿区带和重点矿山,开展深部找矿示范工作,重点是:中、东部重要固体矿产已有矿山和新发现大中型矿产地的整体勘查;西部复杂地质条件下的煤炭资源勘查;厚覆盖区隐伏重要固体矿产勘查;重要成矿远景区立体填图试点示范;深部找矿关键勘查技术方法示范,重点是强干扰环境下物化探方法和大探测深度钻探技术的应用等。

四是依靠科技创新推动深部找矿工作。积极开展与深部矿产勘查相关的成矿与找矿理论研究,深部矿产勘查地球物理、地球化学、钻探等探测研究方法研究,大力推进大探测深度物探方法的应用,提高地球物理勘查数据处理和推断解译的能力和水平,特别是深部解译的精确度和可信性,加强定位预测,缩短找矿周期,提高找矿效率;加强深部找矿典型实例的研讨和交流等。

五是营造有利于深部找矿的政策环境。建立政府引导、多元投资的联动机制,充分调动各类投资人、地勘单位和矿山企业的积极性,加大深部找矿投入力度。公益性地质工作要加强区域矿产远景调查、深部地质结构与成矿背景调查,提高地质资料综合集成与开发利用对深部找矿工作的服务水平,降低深部找矿风险。研究制定鼓励矿业权人进行深部探矿的优惠政策。