

深部成盐盆地大口径绳索取心设备机具的选配

陈鑫发, 陈莹, 程存平

(河南省地矿局第二地质环境调查院, 河南 郑州 450053)

摘要:叶舞凹陷盐矿普查项目需在 2000 m 以深取心, 根据项目书要求, 采用小口径岩心钻探与大口径石油、水文水井钻探技术。结合几种类型设备机具的优点, 采用石油钻井和绳索取心“二合一”钻探新技术, 快速的、经济的、高效的完成了施工任务。介绍了盐矿大口径深部钻探和取心设备机具的选配, 可供类似工程项目设备机具的选配借鉴。

关键词:大口径绳索取心; 深部成盐盆地; 设备机具的选配

中图分类号:P634 **文献标识码:**B **文章编号:**1672-7428(2013)06-0018-05

Match of Large Diameter Coring Equipments and Tools for Deep Salt Formation Basin/ CHEN Xin-fa, CHEN Ying, CHENG Cun-ping (No. 2 Institute of Geo-environment Survey of Henan, Zhengzhou Henan 450053, China)

Abstract: In the survey project in Yewu depression salt mine, it was required to core at the depth of more than 2000m under the ground surface. According to the requirement of the project book, small diameter core drilling and large diameter petroleum drilling and hydrological well drilling technologies were adopted. With the collection of the advantages of several types of equipment and tool by the new technology of combination of petroleum drilling and wire-line coring, the construction was effectively completed with low cost. The paper introduces the match of equipments and tools for large diameter deep drilling in salt mine, which can be the reference to the similar projects.

Key words: large diameter wire-line coring; deep salt formation basin; match of equipments and tools.

0 引言

小口径岩心(固体)钻探广泛利用绳索取心技术,效率较高。但当钻孔较深或口径有特别要求并取心时(如科学钻探、盐矿钻探、页岩气钻探等),小口径钻探设备及工艺则很难快速完成设计要求。而石油、地热、页岩气、岩盐(碱)、煤和水文水井等大型钻探设备则有动力大、回转提升和钻探深度能力高、适应性强等特点。我院在河南省叶舞凹陷盐矿普查项目中,结合两种类型设备的优点,采用石油钻井和绳索取心“二合一”钻探新技术,在沉积地层中,采用 CHH(T) Ø89 mm 绳索取心钻杆成功完成了一口大口径深部钻探和取心钻孔,取得了较好的效果。为以后从事超深部取心设备机具的选配提供了参考依据。

1 工程概况

河南省叶舞凹陷盐矿普查位于河南省叶县李庄村西北,项目编号 GTZY2011-002, ZK3 钻孔设计孔深 2630 m, 实际孔深 2386 m, 2000 m 以深取心。该孔是我院 2011 年完成的一口采用大口径石油钻井和小口径绳索取心“二合一”钻探新技术方法,在沉

积凹陷盆地地层中采用 CHH(T) Ø89 mm 绳索取心钻杆成功试验完成的大口径深部钻探和取心钻进钻孔,探索出了一种高效、低耗的深部快速钻探技术方法,取得了较好的成效,为沉积地层大口径深部钻探工程提供了示范。

按设计上的要求,为了节约上部实际钻进的工作时间,快速完成上部的任务,且不影响下部取心,根据传统的岩心钻探通常采用小环空间隙(2~3 mm)金刚石绳索取心钻进的优点,同时结合水文地质、地热、石油等钻探实现快速钻井的理念,采用大泵量、高泵压力、适当的环空间隙,针对这种状况,我们选配了较为合理的钻机施工设备、绳索取心钻杆、取心钻具、全面钻进钻头及取心钻头。

2 钻进及钻具组合

2.1 井身结构与套管下入程序

由于该井属于盐矿勘探和地热资源开发“探采结合井”。所以,根据区域地质、地热井工程和绳索取心特点,将该孔设计为四开井身结构,见图 1、表 1。其中,一开、二开、三开井段采用全面破碎钻进,四开(1996~2630 m)为绳索取心钻进段。

收稿日期:2013-02-01; 修回日期:2013-05-02

作者简介:陈鑫发(1971-),男(汉族),河南郑州人,河南省地矿局第二地质环境调查院高级工程师,地质机械专业,从事探矿机械机具的选型配套工作,河南省郑州市南阳路 56 号地矿大厦 403 室,exf197111@sohu.com。

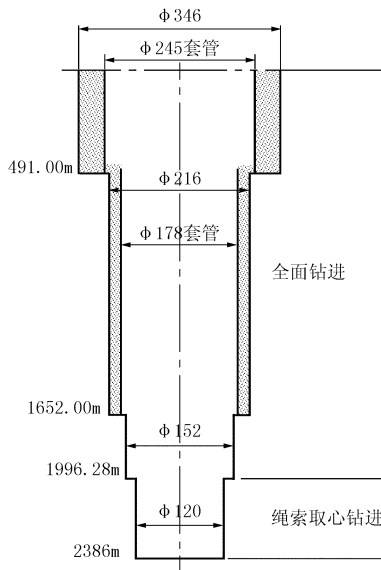


图 1 井身结构

表 1 井身结构及套管程序

	钻孔结构		套管程序	
	孔段/m	钻孔直径/mm	深度/m	石油套管规格/mm
一开	0 ~ 491	346	0 ~ 491	Ø244.5 × 10.03
二开	491 ~ 1652	216	471 ~ 1652	Ø177.8 × 8.05
三开	1652 ~ 1996	152	裸孔	
四开	1996 ~ 2630	120	裸孔	

注:(1)套管下入后均采用水泥部分段固井;(2)750 ~ 1200 m 含水层相间下入 100 m 过滤管。

2.2 全面钻进的方法及完井结构

一开、二开和三开为正循环泥浆全面钻进。

其中 0 ~ 1652 m 采用三牙轮全面钻进,泥浆泵分别使用 QZ3NB - 800 和 TBW1200/7 型。按照表 1 套管程序下入和固井后,1652 ~ 1996 m 采用 PDC 钻头全面钻进。

其钻具组合为:

一开钻具组合(0 ~ 491 m): Ø311/346.1 mm (扩孔)三牙轮钻头 + Ø177.8 mm 钻铤 + Ø120.7 mm 钻铤 + Ø89 mm 钻杆 + 133 × 133 mm 主动钻杆。

二开钻具组合(491 ~ 1652 m): Ø215.9 mm 三牙轮钻头 + Ø158.8 mm 钻铤 + Ø120.7 mm 钻铤 + Ø89 mm 钻杆 + 133 × 133 mm 主动钻杆。

三开钻具组合(1652 ~ 1996 m): Ø152 mm PDC 钻头 + Ø120.7 mm 钻铤 + Ø89 mm 钻杆 + 133 × 133 mm 主动钻杆。

2.3 取心钻进方法及钻具组合结构

1996 m 以深为四开绳索取心孔段。

四开钻具组合(1996 ~ 2386 m): Ø120 mm PDC 取心钻头 + Ø108 mm 绳索取心钻具(S95 - SF 改进) + Ø110 mm 钻铤 + Ø89 mm 绳索取心钻杆(带扶

正器) + 变径接头 + 133 × 133 mm 主动钻杆,钻具结构如图 2 所示。

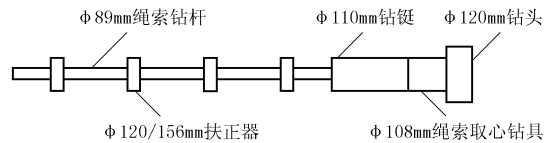


图 2 四开绳索取心孔段钻具组合

因扶正器导致套管磨损及“砂桥”作用,提升钻具阻力过大,并出现埋钻事故。所以,在后期试验过程中将绳索取心钻杆上所有扶正器去掉。

采用传统的固体矿产岩心钻探设备和工艺,将出现设备能力不足和钻探难度大等问题。如果采用水文水井或石油钻井工艺,设备能力虽然较强,但是,采用硬质岩心管提钻取心将会增加大量的起下钻时间。采用了石油钻井和 Ø89 mm 绳索取心“二合一”深部快速钻探思路,即:上部利用石油钻井碎岩机理,选择“中转速、高泵量、中钻压”规程,采用硬质合金或 PDC 钻头全面钻进,使岩石产生体积破碎及时返出孔内;下部取心段则将钻具全部更换为 Ø89 mm 绳索取心钻杆(加扶正器)和取心钻具,采用大环空、高泵量、低转速、小钻压实现连续取心,避免孔底重复破碎,从而实现快速钻探的目的。岩心采取率高达 92.4%,且钻孔孔斜、终孔口径等均满足规范和地质要求。

3 施工设备及机具、钻具选择

3.1 施工设备选择及参数

根据工程项目的要求、工作的思路及针对设备参数性能特点,选取了主要钻探设备包括钻机、钻塔、泥浆泵和固相控制设备。

3.1.1 TSJ3000 型钻机

选择石家庄煤矿机械厂生产的 TSJ3000 型钻机,其技术参如下:

转速/(r · min ⁻¹)	43、63、93、152
给进装置提升能力/kN	600
额定输出扭矩/(kN · m)	16
孔径范围/mm	100 ~ 550
给进装置加压能力/kN	380
钻进深度/m	Ø73 mm 钻杆 3000 Ø89 mm 钻杆 2500

3.1.2 钻塔

选择四角钢架结构钻塔,塔高 32 m,承载 130 t。

3.1.3 泥浆泵

为了进行对比试验,该试验孔同时选择了

QZ3NB-800型石油钻井泥浆泵、TBW-1200/7B型水文水井泥浆泵和BW320型岩心钻探泥浆泵。其中,QZ3NB-800型石油钻井泥浆泵主要用于全面钻进阶段,在取心阶段采用3种不同型号泥浆泵进行对比试验,主要了解取心钻探效率、取心质量等情况。

3种泥浆泵性能参数见表2、表3。

3.1.4 固相控制设备

采用三级固相控制:振动筛、旋流除砂器以及离心机。

表3 TBW-1200/7B、BW320型泥浆泵性能参数

泥浆泵型号	型式	缸套内径/mm	额定流量/(L·min ⁻¹)	额定排出压力/MPa	行程长度/mm	吸浆管内径/mm	排浆管内径/mm	主机质量/kg
BW-1200/7B	双缸双作用活塞式	160	1200	7	270	203	75	7200
		150	1000	8				
BW320	三缸单作用活塞式	80	320	4	110	76	51	1000
		60	180	6				

表2 QZ3NB-800型泥浆泵泵量及泵压

泵速/(次·min ⁻¹)	缸套直径/mm						
	120	130	140	150	160	170	180
	理论排量/(L·s ⁻¹)						
130	20.1	23.5	27.3	31.3	35.6	40.2	45.1
110	17.1	18.3	21.2	23.5	27.7	31.2	38.2
100	15.5	18.1	21	24.1	27.4	30.9	34.7
90	13.9	16.2	18.9	21.7	24.6	27.8	40.6
额定压力/MPa	26.5	22.5	19.4	16.8	14.8	13.1	11.7

注:三缸单作用活塞泵,额定功率597 kW。

3.2 机具选择

3.2.1 钻杆选择

全面钻进阶段(0~1996 m)使用石油Ø89 mm石油厚壁钻杆;绳索取心阶段(1996~2630 m)使用无锡钻探工具厂生产的加强型Ø89 mm CHH(T)绳索取心钻杆。其参数见表4。

表4 绳索取心钻杆及接头规格特点

钻具名称	外径/mm	内径/mm	材质	热处理方式	备注
CHH(T)绳索取心钻杆	89	78	30CrMnSiA	整体热处理	两端加厚
CHH(T)钻杆接头	92.5	77	30CrMnSiA	镀镍和磷处理	倒钩扣

注:接头的抗拉强度>950 MPa,屈服强度>850 MPa。

值得注意的是,深孔钻探中多数的钻杆断裂和脱扣几乎都是因为接头强度和丝扣形式有关,其中,传统的钻杆接头报废率高达30.5%,即便是采用淬火、低温回火强化处理后的报废率也达9.7%。为此,近年来出现了锥度特殊的梯形螺纹的接头,但是,该型接头在深孔钻探时也常出现接头脱扣和断裂问题。所以,本孔选择“不对称倒钩梯形扣螺纹牙型”的接头进行试验(见图3)。该螺纹负角度倒钩防脱扣牙型面,能够承载更大的抗拉能力,不对称梯形螺纹可有效地优化螺纹承载面与非承载面的受力形式。

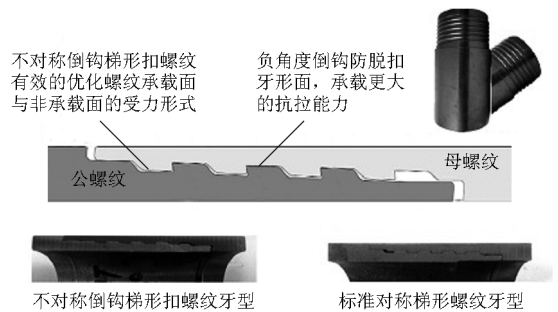


图3 不对称倒钩梯形扣螺纹牙型

3.2.2 绳索取心钻具选择及改进

由于该钻孔采用较大泵量的泥浆泵,为减少绳索取心钻具内流体阻力,在S95-SF双弹卡绳索取心钻具基础上增加了外管直径,使内外管环空间隙增加(原间隙3 mm,改非标后间隙11 mm)。其参数为:外管直径为108 mm,内管外径为73 mm,取心实际直径63 mm(见表5)。图4为S95-SF取心钻具双管总成结构图。

表5 绳索取心钻具双管总成改造前后技术参数 /mm

参数	钻头		扩孔器		外管		内管		内管长度
	外径	内径	外径	内径	外径	内径	外径	内径	
出厂标准	95	62	95.5	89	89	79	73	67	4500
改为非标	120	65	120.5	95	108	95	73	67	4500

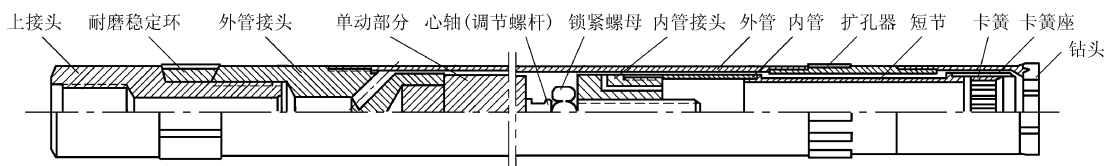


图4 S95-SF取心钻具双管总成结构图

钻头类型的选择对钻井速度影响很大,往往由于钻头选型不当,使得钻井速度慢、成本高。正确的选择钻头,一方面应对现有钻头的结构、工作原理了解清楚,另一方面还应对所钻地层岩石物理机械性能有充分认识,钻头特性与地层性质的合理匹配是钻头选择的基本出发点。

3.3 钻头选型

3.3.1 选择钻头时应考虑的因素

浅井段:由于岩石胶结疏松,宜选择能取得高钻速的钻头;深井段:由于起下钻时间长,据有关资料统计,钻 3000 m 深的井,起下钻时间占钻井总时间的 8%,而 5000 m 深的井起下钻时间占钻井总时间的 16.5%,因此选用能获得较高进尺指标的钻头。

在软及非研磨性地层,如塑性的沉积岩地层、页岩、石灰岩和软砂岩宜选用 PDC 钻头;若出井钻头外排齿磨损严重,应选用保径齿钻头;对易产生井斜的地层,选用滑动量小,无保径齿及齿多且齿短的钻头;选用镶硬质合金齿钻头时,地层岩性主要为页岩时选用楔形齿钻头,地层岩性为灰岩时选用抛物体形或双锥形齿,地层岩性为硬的研磨性灰岩、白云岩、燧石、石英时,选用无移轴或双锥齿(或球齿形)钻头。

3.3.2 钻头选型方法

钻头选型有成本法,比能法,三步法,优化钻头组合线法等,这些方法的目标都是以成本作为导向的,本项目采用三步法进行钻头选型。

第一步:根据区域地层岩性特征(硬度、塑性、研磨性、可钻性)初选与地层岩性相适应的钻头。

第二步:由初选的钻头类型(可能是一种,也可能是多种型号的钻头),根据钻井工艺技术条件,并参考已钻井的钻头资料,评选钻进进尺高,机械钻速高,纯钻时间长的钻头类型。

第三步:用直接成本方程计算第二步评选出的钻头成本,则最终选用成本最低的钻头。成本方程表述式为:

$$C = [B_e + R_c(T_b + T_r)]/F \quad (1)$$

式中: C ——每米成本,元/m; B_e ——钻头成本,元; R_c ——钻机运行费,元/h; T_b ——纯钻进时间,h; T_r ——辅助工作时间,h; F ——进尺,m。

综合钻进情况,将数据代入公式(1)得到 $C = 130$ 元/m。

国内应用较为成熟的金刚石取心钻探工艺,它需要较高的转速。而对于水文水井或石油钻机,其转盘转速较低,采用金刚石回转钻进时不能满足钻

头较高的线速度。所以,在以泥页岩为主的沉积地层,设计钻头时易用底喷式、PDC 复合片钻头。

PDC 钻头是将聚晶金刚石复合片与硬质合金齿柱结合成切削元件镶装在刚体或胎体上,其特点是不需要较高的转速,且成本低、效率高。

为此,针对该地区地层构造特点、项目取心工艺要求及综合成本等因素,全面破碎钻进 2000 m 以内,根据井身结构不同选用江汉出厂的原代号为 ZR 淡蓝型相应规格的三牙轮钻头(见图 5)。而取心钻进全部采用 $\varnothing 120$ mm PDC 钻头(内径 65 mm),生产厂家分别选用了无锡钻探工具厂和武汉万邦钻头。钻头设计制造时注意复合片全出露(见图 6),以便增大过水面积,及时排渣,达到提高钻进效率、防止烧钻事故和非正常损坏,提高钻头使用寿命之目的。根据不同地层特点,有针对性地选择合适的、钻进过程中稳定性的钻头,会大大提高钻效,提高进尺效果,同时提高钻头使用寿命,提高钻头的碎岩能力,满足快速钻进及取心的要求。

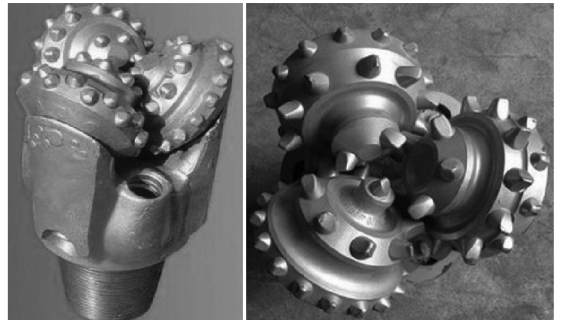


图 5 全面钻进三牙轮钻头外形图



图 6 $\varnothing 120$ mm PDC 取心钻头外形图

4 结语

通过在深部沉积地层大口径绳索取心技术试用,取得了以下成果:

(1)在岩心钻探领域引进石油钻井理念,对今后深部岩心钻探工程,针对不同地层和要求,采用多工艺、复合钻探方法,在大口径超深孔钻探时,合理选配施工设备和钻井机具采用石油钻井和绳索取心“二合一”工艺将会达到“优势互补、取长补短”、高

效钻探之目的。实践证明,本文所阐述的方法具有安全可靠、劳动强度低、效率高等优点。

(2)通过岩心钻探绳索取心钻具和水源钻机的组合,在沉积水溶性地层 2000 m 以深实现了大口径连续取心,岩心采取率平均高达 93%,且岩心和钻孔质量均满足地质要求。通过增加钻具和孔壁的环空间隙,采用“小钻压、大排量、低转速”规程,可以提高钻井液的上返速度,从而避免了岩屑的重复破碎,提高了钻探效率。

(3)通过理论计算、井径变化和 3 种泥浆泵的钻进对比试验,分析研究了钻探效率问题和影响钻速的主要原因。钻效与泥浆泵的排量(钻井液上返速度)和钻孔直径密切相关,采用大排量泥浆泵可以大大提高钻探效率。

(4)针对不同地层和现场试验,对沉积复杂地层钻井取得了较好成效。提升钻具阻力大和埋钻事故与孔内扶正器、停泵时间长、泥浆性能等有关。

(5)为在孔内形成岩屑的体积破碎和提高上返速度,采用“大排量、低转速、小钻压”规程和增加绳索取心内外管间隙等技术措施,实现了快速钻探预期目标。

(6)对绳索取心钻杆强度、钻具稳定性和扶正器使用提出了新的看法和意见。通过试验发现:在

沉积地层中使用扶正器易造成钻具阻力过大和“砂桥”埋钻事故;在回转速度 43 ~ 93 r/min 较低转速下,去掉钻杆扶正器后,绳索取心钻杆强度和稳定性能够满足 2400 m 以内钻探的安全性。高强度 CHH (T)89 mm 绳索取心钻杆和接头连接方式,在环空间隙高达 28.65 ~ 150.9 mm 复杂钻孔结构的情况下,能够实现正常钻进和取心,并且在钻进过程中未出现钻杆和接头断裂事故,为今后页岩气钻探、科学钻探和深部钻探工程提供了示范。

参考文献:

- [1] 张成城,黄纪冯,梁英津. 江苏盐田深井绳索取心钻探技术[J]. 探矿工程,1996,(5):28-29.
- [2] 陈风云,谷天本. 西平铁矿深孔绳索取心钻探技术应用[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2010,(6):16-19.
- [3] 姜光忍,李忠,王献斌. 绳索取心钻探施工中钻杆折断原因分析及应对措施[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2009,36(3):15-17.
- [4] 靳红兵. 深部岩盐取心钻探技术[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2011,38(10):10-12.
- [5] 胡中立. 高强度绳索取心钻杆接头[J]. 地质与勘探,1991,(7):58-60.
- [6] 王断梅. 绳索取心钻杆螺纹的数控车削加工[J]. 地质与勘探,2000,(2):89-90.
- [7] 卢予北,吴烨,陈莹. 绳索取心工艺在大口径深部钻探中的应用研究[J]. 地质与勘探,2012,(6):1221-1228.

我国可燃冰勘探取样年内启动

《中国矿业报》消息(2013-06-08) 我国对天然气水合物(又称“可燃冰”)的勘探或在 2013 年取得新进展。记者日前从中国南海油气勘探开发论坛上获悉,继 2007 年在南海神狐海域首次取样后,2013 年我国将在南海再次对海底可燃冰进行勘探取样。

业内人士指出,我国目前在可燃冰勘探开采等重大技术方面仍有待突破,而出于对风险和成本的顾虑,国内相关企业对大规模投入可燃冰商业研发较为迟疑,未来我国要实现可燃冰的商业利用仍是长路漫漫。

2013 年 3 月,日本石油天然气与金属公司联合日本产业技术综合研究所在日本爱知县附近的海域钻探海底可燃冰,首次成功分离海底可燃冰并采集气体。日本宣布将于 2018 年实现可燃冰的商业化生产。

此外,美国、加拿大已在阿拉斯加北坡、麦肯锡三角洲等

勘探开采等重大技术有待突破

区域成功完成可燃冰的商业开采实验。

相较于美国、日本、加拿大等国,我国在可燃冰的勘探、开采及商业利用方面的有关重要技术仍较为落后。在勘探技术方面,我国目前仍是通过基础地质、地球化学、地震等间接的方法得到数据,并进行对比研究,实地勘探取样仍然过少。

在开采技术方面,中科院广州天然气水合物研究所教授吴能友表示,我国目前还停留在开采方法、技术、工艺、方案的实验模拟和数字模拟阶段。

在商业利用方面,目前我国仍然欠缺可燃冰的储存、运输、终端接收等商业应用方面的研究。

业内人士指出,按照目前我国可燃冰的研究开发速度,我国要实现可燃冰的商业开发最早要到 2030 年。