

东北某盆地天然气水合物钻探施工实践

赵宝军, 马秀春

(齐齐哈尔矿产勘查开发总院, 黑龙江 齐齐哈尔 161006)

摘要:我国可燃冰陆地钻探刚刚起步, 它有别于岩心钻探, 有自己独特的地方, 也有相同的地方。通过工程实例介绍了可燃冰陆地钻探钻孔技术要求, 冻土地区塔基制作, 可燃冰钻探取样, 低温泥浆的配制、维护和使用等技术问题, 并阐述了可燃冰钻探取样今后的发展要求。

关键词:塔基制作; 钻井平台搭建; 钻进取样; 低温泥浆配制; 取样工具改进

中图分类号: P634 **文献标识码:** B **文章编号:** 1672-7428(2013)08-0022-04

Practice of Drilling Construction for Gas Hydrate in a Basin in Northeast/ZHAO Bao-jun, MA Xiu-chun (Qiqihar Mineral Exploration and Development Institute, Qiqihar Heilongjiang 161006, China)

Abstract: Combustible ice land drilling is just starting in China, which is the same with core drilling in some ways and also has its own unique features. Through engineering case, the paper introduces the requirements of combustible ice land drilling technology and technical issues of derrick foundation construction in permafrost region, combustible ice sampling drilling and the preparation, maintenance and the use of low temperature mud. The development requirements of combustible ice drilling and sampling in the future are expounded.

Key words: derrick foundation construction; drilling platform building; sampling drilling; preparation of low-temperature mud; improvement of the sampling tool

1 工程概况

天然气水合物被誉为 21 世纪潜在的新型能源。在地球海洋中, 天然气水合物的总量换算成甲烷气体, 其含碳量是目前世界已知石油、天然气、煤炭的 2 倍。陆地冻土天然气水合物广泛分布在永久冻土、岛屿的斜坡地带、活动和被动大陆边缘的隆起处、极地大陆架以及海洋和一些内陆湖的深水环境。近几年, 我国开始勘探陆地冻土天然气水合物。其中东北漠河地区由于构造沉降形成的某盆地, 存在多年冻土, 同时其中充填大量的中生代沉积, 为油气资源的形成提供了物质来源, 成为冻土水合物勘查的首选目标之一。为此, 在该区域部署了少量钻探工程, 探求该盆地可燃冰的赋存及深部的地质情况。

1.1 冻土天然气水合物钻孔技术要求

(1) 设计深度: 1600 m (全孔取心) ± 100 m。

(2) 岩心采取率 $\geq 80\%$, 矿心及疑似矿心的采取率 $\geq 90\%$ 。

(3) 钻孔倾角度: 顶角 $\leq 2^\circ/100$ m, 每钻进 50 m 测斜一次。

(4) 岩心直径: 终孔直径 ≤ 65 mm。

(5) 取心长度: 坚硬完整无异常地层 2.5 ~ 3.0 m; 破碎带异常地层小于或等于 1.5 m。

(6) 回次钻进时间: 坚硬完整无异常地层无具体要求; 破碎带异常区地层小于或等于 1 h。

(7) 泥浆进孔温度: 坚硬完整无异常地层 0 ~ 5 $^\circ\text{C}$; 破碎带异常区地层 0 ~ 2 $^\circ\text{C}$ 。温度测量以泥浆泵出口端进井温度为准。

1.2 以往钻探揭露地层情况

地层有沉积岩和变质岩 2 类。岩石以糜棱岩、板岩、砂岩为主。地表为沼泽地, 开钻遇到近 20 m 厚的卵砾石, 下部有近 110 m 厚的糜棱岩, 夹有石英岩, 坚硬打滑。

在钻孔深度 172、253、261、321、447 m 处有 5 层破碎带, 钻孔深度 172 m 处坍塌、掉块严重。

1.3 钻塔地基制作

该地区地表为沼泽地, 每年 11 月中旬到第二年 5 月初为冻结状态, 随着夏季的到来慢慢开始融化呈松散状态。因此, 钻塔地基制作显得非常重要, 为此提出如下技术要求:

(1) 地基极限承载 ≤ 1100 kN, 且地基应坐在岩性均匀的地层上, 保证钻机平台可均匀沉降。

(2) 为预防井喷, 在地表加装防喷器(电动液压); 要求机场做硬地坪处理。

(3) 钻塔底梁用型钢“牛腿”支撑离地 2.3 m

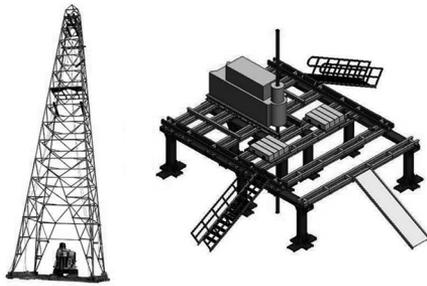
收稿日期: 2013-04-09

作者简介: 赵宝军(1962-), 男(汉族), 黑龙江龙江人, 齐齐哈尔矿产勘查开发总院工程师, 钻探工程专业, 从事地质勘探、钻孔灌注桩施工等工作, 黑龙江省齐齐哈尔市建华区中华西路 185 号, zbj5558@126.com。

高,形成钻探操作平台。钻塔地基要做预埋螺栓并做准确定位。

按 8.5 m × 8.5 m 制作正方形地基,以钻孔中心向两侧均布。坑底做沉砂垫层 10 cm。钻塔基础厚度按 1.5 m。绑扎钢筋笼(Ø12 mm 为主筋,Ø6 mm 为绕筋)按保护层 10 cm 制作。为上下 3 层,埋设地脚螺丝焊接在钢筋笼上,尺寸按现场实测确定。混凝土级别 C30 以上现场搅拌,并做好养生保温工作。环境温度较低时可搭塑料棚保温。

图 1 为钻塔及底座示意图。



SG-24型重型直斜两用钻塔 升高钻塔的底座

图 1 钻塔升高示意图

2 钻探设备、机具选择及钻孔结构

2.1 钻机及主要设备选择(见表 1)

表 1 钻机及主要设备配置

名称	规格型号	主要参数	备注
钻机	HXY-8B	钻进能力 3000 m	
井架	SG-24 型四角塔	最大起拔能力 505 kN	立根长 18 m
钻机动力	电动机	90 kW	
发电机组动力	康明斯	200 kW	供应钻机
发电机		150 kW	
泥浆泵	BW300/12	45 kW	柴油机 75 kW
泥浆泵动力机	4115Z 型柴油机	65 kW	备用
可视多功能钻参仪	自行研制		
75 mm ² 电缆			200 m
泥浆制冷系统	自行研制		
泥浆地面循环系统	自行研制		
固控设备	自行研制		

2.2 钻探工具

绳索取心钻杆是深孔取心钻进非常关键的一个环节,直接影响深孔钻探施工的安全和成败,对钻探工期和经济效益亦有重大影响。我们从材质和螺纹强度上都提出严格的要求。另外,配套的夹持器等也进行了重新计算和设计。各种钻具规格组合见表 2,使用的主要钻柱及工具主要有如下这些。

(1) 绳索取心钻杆:主要以 H 规格(Ø89 mm)绳索取心钻杆为主,材料为 45 MnMoB。另外,钻孔

表 2 各种钻具规格组合

钻具	钻杆		钻头	扩孔器	岩心直径
	外径	内径			
Ø127 绳索钻具	127	114	135.5	136	94
Ø108 绳索钻具	108	95	112.5	113/99	73
Ø95 绳索钻具	89	72	98	98.5	65
Ø75 绳索钻具	71	60	77.5	78	45

上部配备使用了 Ø127、Ø114 mm 绳索取心钻杆。

(2) 重力式特殊加重的脚踏夹持器。

(3) 钻塔配用三轮六绳滑轮组。提引器加配重,以增加提引器的下落速度。

(4) 主动钻杆采用 Ø89 mm 六方粗牙、方扣钻杆,下接变丝接手。

根据钻探施工设计,结合地层变化因素,最终的钻孔结构如下。

开孔:钻孔直径 219 mm,钻进深度 20.60 m,采用冲击钻进方法,下入 Ø168 mm 孔口管。换径,采用 Ø152 mm 钻头绳索取心回转钻进至 30.40 m,下入 Ø146 mm 套管。

一开:钻孔直径 135.5 mm,钻孔深度 477 m。采用绳索取心钻进方法,下入 Ø114 mm 套管 477 m。

二开:钻孔直径 98 mm(H 规格绳索取心),钻孔深度 1700.83 m,下入 Ø146 mm 套管 30.4 m。

该地区 0 ~ 20 m 为卵砾石层,卵石最大直径 20 ~ 30 cm,而且呈冰冻状态,采用回转钻进、泥浆护壁,冰冻状态会逐渐溶解,导致孔壁坍塌。强行钻进会发生大径卵石随钻头下行导致钻孔开偏,不利于下步施工。为此,采用冲击钻进,高粘度水泥泥浆护壁,选择冲击钻头进行往复冲击钻进,在大密度水泥泥浆护壁的情况下保证地层压力平衡,保证套管下放顺利。表层套管要进行水泥浆回灌为下一步安装防喷器打下基础。

3 钻探技术措施

陆地冻土天然气水合物钻探与岩心钻探要求有所不同:首先,回次进尺 ≥ 3 m,破碎地层 ≥ 1.5 m;第二,回次钻进时间 ≥ 1 h,以防止天然气水合物融化分解;第三,钻进中,冲洗液进井温度必须控制在 0 ~ 2 °C;第四,钻进冲洗液必须有高效的润滑性能,且不能产生气泡和污染样品。针对以上特殊要求,应采取以下钻进技术参数和工艺技术措施。

3.1 深孔段钻进参数

孔段 477 ~ 1700.83 m,钻孔直径 98.5 mm,立轴转速 95 ~ 487 r/min,钻压 10 ~ 20 kN,泵量 120 ~ 160 L/s,泵压 40 ~ 90 MPa。

3.2 施工中的主要技术措施

(1)为防止钻杆折断事故的发生,应在保持合适进尺速度的条件下,尽量采用低钻压、慢转速。

(2)严格执行倒杆拉伸制度,仔细观察钻参仪大钩荷载数值。钻参仪大钩荷载数值应大于孔内钻具的实际质量,倒杆前刹紧卷筒,然后进行下一步操作。

(3)内管到位的确定:认真监听孔内回声。按每100延米2 min计算。必要时可采用绳索取心绞车送下去,即在前一次打捞岩心时做好标记。防止“打空管”导致提钻。

(4)认真检查卡簧、卡簧座的磨损情况,防止岩心脱落导致提钻。

(5)当班班长应认真观察泵压的变化情况,发现泵压突然大幅度下降,应及时寻找原因,防止钻杆穿刺和折断事故发生,如由于泵压下降而提钻时,禁止下捞矛捞取内管以防止捞矛卡在孔内,钢丝绳掉入孔中。

(6)钻杆入井前要严格检查其丝扣、管体,发现丝扣损坏、管体变形、螺纹磨圆等问题要马上更换,防止问题钻杆入井。

(7)提下钻时要认真检查每一个立根的连接情况,发现问题及时更换。

(8)每一次提钻后都要认真检查、测量钻头、扩孔器尺寸和磨损情况,做到钻头排队使用每次提钻都要更换钻头、扩孔器并且仔细检查弹卡室情况。

(9)提下钻时要匀速慢提,注意回灌泥浆,保持孔壁稳定,严禁猛提快下导致孔内掉块增加,在长距离扫孔时又造成钻头损坏而提钻的恶性循环。

(10)开孔套管下完后,要进行水泥浆回灌处理,二层套管要做隔水,三层套管采用反丝扣,并在各连接处采用专用胶密封防止倒扣脱节。特别提出套管的机械性能要求。

(11)严格执行交接班制度,交班班长要详细介绍孔内及地面设备运行情况,交班记录员要认真介绍地面准备入井的钻具、钻杆、卡簧、卡簧座的使用和质量情况。

(12)发现泵压突然持续升高,应将钻具迅速提离孔底,分析出原因后方可开始正常钻进。

(13)严禁用大锤敲击钻杆接头,要使用高质量的高压密封脂涂抹钻杆螺纹。

(14)机、班长每天要检查钻机主绳和绞车钢丝绳的使用情况,发现问题及时更换。

3.3 钻具的减震与润滑

冻土天然气水合物钻探取样,应尽量减小钻具

的震动,达到回转平稳、进尺均匀。钻具的抖动会导致摩擦热不利于可燃冰取样,借助钻参仪可观察到小时进尺数值的变化控制在1.8~3 m,进尺陡增到3 m/h以上并进尺在10 cm时,必须提钻取样。有时,钻具的抖动导致钻参仪很难准确反应进尺数值的变化,为达到这一要求我们采用在钻具上部增加稳定器3道,每隔3 m加一道的措施。稳定器外径与使用的扩孔器外径一致并在稳定器上铣出8~10个水口。

大直径深孔绳索取心钻探,钻具润滑非常关键,尤其是冻土天然气水合物钻探取样既有回次进尺长度限制又有回次钻进时间限制,而且还要达到应有的经济效益和生产效率,既要保证取样技术要求又要有较高的生产效率,就必须使钻具有一定的转数,满足金刚石钻探工艺的需求。我们除采用具有高润滑性能的泥浆外,在钻杆外侧涂抹专用的润滑脂,该涂抹脂是我们经过反复试验研制的,其性能特点是附着力强、润滑性能好,制作、使用方便,效果好。涂抹方法下钻时人工涂抹和专用的涂抹装置。表4为润滑脂配方表。

表4 润滑脂配方

材料	黑机油	松香	沥青	石蜡	/%
KABC-1	70(65)	25(25)	5(10)		
KABC-2	70	25	3.5		
KABC-40	60		10	5	
KABC-45	55	30	10	5	
KABC-58	50		10	5	
KABC-59	65		10	5	

3.4 钻头的使用情况

加大起钻间隔可提高钻探效率,但绳索取心钻进的起钻间隔受钻头使用寿命的直接影响。为此,我们对钻头工作层高度提出了15 mm的要求,尽量提高钻头的使用寿命,减少提钻时间。同时,严格执行排队使用。

钻头平均寿命76.49 m。最高的202.5 m,最差的1.51 m,属非正常使用,是在下钻过程中遇掉块扫孔造成的(详见表5)。

3.5 低温泥浆的配制、维护

3.5.1 低温泥浆的配制

根据陆地冻土水合物钻探特殊情况和以往千米以深深孔的施工经验,选用了3种泥浆配方:

(1)CMC + PAM + 皂化溶解油 + 氯化钠无粘土乳化泥浆。具有携粉、润滑、絮凝能力强的优点,并具有一定的网状结构,是本次施工首选的主力类型,

表5 钻头实际使用情况

钻头序号	起始孔段/m	外径/mm	内径/mm	工作层磨掉高度/mm	进尺深度/m	硬度HRC	钻头形状	状态评价
1	477~505.82	98	64	5	28.82	25	锯齿	废
2	505.82~534.87	98	64	2	29.05	25	锯齿	良好
3	534.87~596.85	98	64	6	61.98	25	锯齿	废
4	596.85~635.12	98	64	0	38.27	25	锯齿	良好
5	635.12~697.44	98	64	0	62.32	30	锯齿	良好
6	697.44~830.28	97.7	64	0.3	132.85	30	锯齿	良好
7	830.28~861.84	97.2	64	0	31.56	36	锯齿	一般
8	861.84~1064.34	98	64	0	202.50	36	锯齿	良好
9	1064.34~1169.84	98	64	0	105.50	25	阶梯	良好
10	1169.84~1170.99	98	64	0	1.51	25	阶梯	良好
11(7)	1170.99~1244.69	97.7	63.5	2	73.70	36	锯齿	一般
12	1244.69~1436.29	98	63.7	4	191.57	25	平底	不良
13	1436.29~1445.29	98.7	63.7	0	9	20	平底	不良
14	1445.29~1537.49	98	64	4	92.20	25	阶梯	一般
15	1537.49~1550.99	98	64	0	13.50	35	平底	废
16	1550.99~1556.59	98	66	10	5.60	25	阶梯	废
17	1556.59~1700.83	97.9	65	5	144.24	20	阶梯	能用

在正常施工中使用,它是通过调整 CMC、PAM 的含量来调节泥浆的性能,CMC 胶液的比例要大于 50%。氯化钠的加入是为了有效的控制孔底水合物的分解。其加量是控制低温泥浆冰点温度的关键,通常可控制在 $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 以下。

(2) 钠土 + CMC + 改性石蜡胶液 + 防塌剂型低固相防塌泥浆。具有优良的防塌降失水性能,还具有一定的润滑减阻功能,在水敏地层、易垮塌地层、泥加石地层等复杂地层中使用,在孔壁形成泥皮后再视情况逐渐调整到第一种泥浆类型。

(3) CMC + PAM + 皂化溶解油 + 氯化钾。氯化钾的添加量要少于氯化钠就能达到泥浆冰点零下的要求。但是氯化钾的价格要高于氯化钠(约 4 倍)。

3.5.2 低温泥浆维护

(1) 施工现场配备了 2 个容积 3 m^3 的搅拌罐和一个 3 m^3 的配药罐,常备高浓度 CMC 胶液 2 m^3 。

(2) 机台设专职泥浆工 1 人,负责泥浆的维护和处理、常规性能的测试、泥浆处理剂的配制,并经常检测泥浆的入井温度 $\geq 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

(3) 现场要储备足量的 CMC、PAM、改性石蜡胶液、NV-1 土、皂化溶解油、防塌剂和磺化沥青、FA-368、HA-树脂等泥页岩抑制剂。

(4) 根据进尺和地层情况对泥浆进行及时调整,每进尺 50 m 要更换 1/3 的泥浆量。

(5) 根据环境温度及时调整泥浆的冷却温度。

3.5.3 循环系统的布置

泥浆从孔内流出经过防喷器上出口,再通过密封管道流向 1 号箱(3 m^3),1 号箱设有气体分离器通向气体分析室,实时监测泥浆中甲烷气体的含量。并且还设有 2PN 水泵进行泥浆的除砂除泥处理。然后流向 2 号箱。在 2 号箱中设有 BW150 型污泥泵对沉淀的岩粉及时排除。在 3 号箱中对泥浆制冷然后进入孔内,同时该箱泥浆的温度 $\geq 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。1~3 号泥浆箱上部要有遮雨棚,防止阳光直接照射、雨水侵蚀造成泥浆性能的改变。设有摄像头可在操作平台上看到泥浆的流出。在每一个泥浆箱上都有红外线测温仪,钻参仪上可准确反映体积的变化。

4 结语

(1) 对陆地冻土水合物钻探而言,快速高效取出原样是重中之重,虽然目前国内岩心钻探取样工具基本能够满足取样的要求,但更可靠、更准确的取样工具还要投入科技力量。比如:研究利用氮气、干冰的挥发制冷性质在地下直接将岩心冻结取出,做到更可靠、更准确的取样。

(2) 甲烷气体分离器报警系统是通过漫长的冲洗液流动携带和分离器分离输送才能提示报警,不准确、不及时。建议在钻进到可燃冰地层时利用局部挥发的甲烷气体及时地传送到地表,做到及时取样和准确取样。

(3) 国外研制并使用过的取样(心)器有:活塞岩心取样器(APC)、保压岩心取样器(PCS 或 PCB)和恒温岩心取样器。虽然他们在实际使用中不尽如人意的地方,可以利用长处、优点改制成适应冻土水合物钻探取样器。

(4) 陆地冻土水合物钻探施工不同于岩心钻探,具有回次进尺短、钻进时间短、钻孔孔径大、安装防喷器、制造钻井平台、制冷系统耗电量大等特点。因此,应该有单独的施工规范和预算标准。

参考文献:

- [1] 于磊,赵大军,孙友宏,等. 漠河冻土地区天然气水合物钻探施工技术[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2011,38(6).
- [2] 张永勤,孙建华,贾志耀,等. 中国陆地永久冻土带天然气水合物钻探技术研究与应用[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2009,36(S1).
- [3] 张凌,蒋国盛,蔡记华,等. 低温地层钻进特点及其钻井液技术现状综述[J]. 钻井液与完井液,2006,(4).
- [4] 孙丙伦,陈师逊,陶士先. 复杂地层深孔钻探泥浆护壁技术探讨与实践[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2008,35(5):13-16.
- [5] 汤凤林,蒋国盛,А. Я. Третьяк,等. 天然气水合物开采套管柱技术状态研究[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2012,39(Z2):77-83.