

# 西藏尼玛盆地超 2000 m 油气调查井施工技术实践

郭如伦<sup>1</sup>, 王志祥<sup>2</sup>

(1. 西藏自治区地质矿产勘查开发局第六地质大队, 西藏 拉萨 851400; 2. 四川省地质矿产勘查开发局四〇三地质队, 四川 峨眉山 614200)

**摘要:** 尼 1 井为油气调查井, 完钻深度 2001.10 m, 该井为西藏地区最深小口径地质岩心钻井。通过对施工设备选型、钻井结构设计、取心工艺、冲洗液护壁及钻遇复杂地层处理方案等进行论述, 总结在高海拔地区钻探施工经验, 分析存在的不足, 为今后西藏该地区钻探施工提供一定的参考。

**关键词:** 钻探技术; 绳索取心钻进; 复杂地层; 西藏尼玛盆地

中图分类号: P634; TE242 文献标识码: B 文章编号: 1672 - 7428(2017)12 - 0026 - 04

**Practice of Construction Technology for More than 2000m Oil and Gas Investigation Well in Tibet Nima Basin/ GUO Ru-lun<sup>1</sup>, WANG Zhi-xiang<sup>2</sup>** (1. No. 6 Geological Brigade of Bureau of Geology and Mineral Exploration and Development of Tibet Autonomous Region, Lasa Tibet 851400, China; 2. No. 403 Geological Brigade of Bureau of Geology and Mineral Exploration and Development of Sichuan Province, Emeishan Sichuan 614200, China)

**Abstract:** Being the deepest small diameter geological core well in Tibet area, Ni - 1 is an oil and gas investigation well with the final depth of 2001.1m. The discussion is made on the construction equipments selection, borehole structure design, coring technology, flushing fluid wall protection and treatment scheme for drilling in complex formations, the drilling construction experiences in high altitude area are summed up with the analysis on the existing shortcomings, which can provide some experience for future drilling construction in this area of Tibet.

**Key words:** drilling technology; wire-line coring; complex formation; Tibet Nima basin

## 1 概况

尼 1 井施工区地处西藏那曲地区尼玛县境内, 海拔近 5000 m, 气候条件恶劣, 钻探施工周期短。该施工工程属于伦坡拉、尼玛措勤盆地油气基础地质调查项目, 由中国地质调查局油气资源调查中心组织设计, 西藏自治区地质矿产勘查开发局第六地质大队组织施工。

尼 1 井设计井深 2000 m, 要求全井取心, 全井段录井、测井。目的为揭示尼玛盆地古近系地层发育情况, 并与周边露头及伦坡拉盆地进行对比; 了解烃源岩发育情况, 并揭示目的层烃源岩有效性; 获取钻井地质资料, 并为该区地震地质层位标定提供依据, 了解区内的地层及储盖组合发育情况, 为进一步油气勘探评价提供基础资料。

## 2 设备配套及使用情况

考虑到尼 1 井位于青藏高原腹地, 其海拔高, 冻

土层发育, 且地质构造复杂, 钻遇地层变化频繁, 结合以往羌塘盆地油气钻探施工工程的经验和教训, 在综合分析和调研考察的基础上, 确定选用 HXY - 8 型钻机进行尼 1 井的钻探施工。主要钻探设备配置见表 1。

HXY - 8 型钻机动力由标准 134 kW 改装到 192 kW, 增大内燃机功率的同时, 采取了进气道增压的涡轮增压技术, 提高机械效率, 尽量降低动力失效, 同时配套加强型 SG24 钻塔, 完全能够满足施工要求, 并且为终孔后成功起拔 1568.70 m HQA 钻杆 (做套管) 发挥了决定性作用。采用油缸 + 卷扬机的方式强力顶拉钻杆, 其力量大至足以拉断 HQA 蘑菇头, 但系统整体运行仍然非常平稳。由此可见, 虽然随着海拔增高, 氧气含量降低, 进入内燃机的充气量将减少, 造成柴油燃烧不充分, 设备功率下降, 但我们选用的带有涡轮增压的大功率内燃机配套, 在极端情况下仍然能够很好弥补动力衰减, 满足施工

收稿日期: 2017 - 07 - 18; 修回日期: 2017 - 10 - 10

基金项目: 中国地质调查局油气基础性公益性地质调查项目“伦坡拉、尼玛措勤盆地油气基础地质调查”(编号: DD20160160)

作者简介: 郭如伦, 男, 汉族, 1968 年生, 副队长, 探矿工程专业, 从事钻探技术研究与管理, 西藏自治区拉萨市堆龙德庆区青藏路 11 号, 779645015@qq.com; 王志祥, 男, 汉族, 1983 年生, 勘查技术与工程专业, 从事钻探工程现场管理及技术研究, 四川省峨眉山市兴隆街 1 号, 182352585@qq.com。

表 1 尼 1 井钻探设备配置

设备名称	型号	主要技术参数	备注
钻机	HXY-8	钻进深度 3000 m; 转速(正)79、146、208、302、220、406、579、842 r/min, (反)77、215 r/min; 最大起重重力 300 kN; 立轴行程 1000 mm; 动力 192 kW	动力由标准 134 kW 改装到 192 kW, 减少高原缺氧动力损失, 大大增强了钻进能力和处理事故的能力
钻塔	SG24	塔高 24 m; 最大天车负荷 680 kN; 立根 18 m; 底盘尺寸 6.5 m × 6.5 m	此为加强型钻塔, 相比常用的 SGZ-23 钻塔更重、更稳定、承受荷载更大
泥浆泵	BW-320	配 60 缸径; 流量 66、92、130、180 L/min; 对应额定压力 10、9、8、6 MPa; 动力 30 kW	选择 60 mm 缸径, 相对 80 mm 缸径在流量上更符合小口径地质岩心钻探需要, 同时相应的额定压力更大, 施工更安全可靠
绳索取心绞车	SJ-2	7.5 kW; 2000 m 绕绳容量	配套 6.2 mm 钢芯钢丝绳, 相比麻芯钢丝绳绕性差, 但强度更高
柴油发电机组	50 kW	50 kW; 风冷; 马达启动	为泥浆泵、绳索取心绞车、测录井、办公、照明等供电, 满足正常需求
防喷器	SFZ18-21	工作压力 21 MPa; 最小通径 180 mm	当出现大量油气显示时, 可实现关井工作, 为后续处理提供条件。现场油气显示弱, 并未使用, 但应急演练时, 因操作空间狭小, 使用专用工具手动关井相对液压防喷器方便性欠佳
液压钳	LH115	适合 PQ、HQA、NQZL 钻杆; 工作压力 11 MPa	PQ 钻杆使用效果较好, 能最大限度降低劳动强度

需求。另外, 50 kW 发电机组同样采用了涡轮增压技术, 在机台正常用电情况下能满足施工需求。

该井主要使用了 PQ、HQA 和 NQZL 钻杆, HQA 钻杆是在普通 HQ 钻杆基础上对两端进行镦粗加强处理, NQZL 钻杆相对 NQ 钻杆是对整根钻杆进行了加粗, 同时设置负角螺纹, 大大增加了强度, 实际表现良好。在尼 1 井施工中, 整个钻杆配套通过了高扭矩和强力起拔的严峻考验, 仅出现过 1 次 NQZL 钻杆脱扣事故。现阶段已有国产 SQ 绳索取心钻杆问世, 若引进多规格的绳索取心钻具, 则能在很大程度上降低钻探风险。同时, 我们将大口径的绳索取心钻杆当作套管使用, 强度远远大于同级配的套管, 在某些扩径严重井段避免了出现断套管的风险。

海拔 5000 m 施工区, 高强度的体力劳动受限很大。项目 2016 年 5 月进场, 采用挖机修路, 冻土还

没有完全解冻, 雨季也未来临, 设备能够比较顺利地进入施工现场。SG24 型钻塔因太重, 全靠人力基本无法完成安装, 为此租赁了吊车协助。中期施工进入雨季时, 大范围翻浆路面出现, 陷车频繁, 因此尽量较少使用重车的频率, 提前备足材料物资。本项目主要靠 2 台皮卡车解决后勤保障问题, 并相互救援。11 月施工结束, 地表已经结冻, 大型设备撤场也变得相对容易很多。所以, 在高海拔地区施工需要充分利用好气候的变化, 扬长避短才能更好地确保项目的顺利完成。

### 3 井身结构及地层情况

尼 1 井井身结构根据钻遇地层实际情况做了局部调整, 整体上与设计较为吻合, 为顺利施工奠定了基础。设计井身结构及实际井身结构见表 2 所示。

表 2 尼 1 井井身结构

开次	井径/mm	设计井深/m	实际井深/m	套管规格/mm	套管下深/m	备注
一开	170	0 ~ 10	0 ~ 9.41	168	9.41	
二开	150	10 ~ 100	9.41 ~ 88.90	146	88.90	HQA 钻杆配 Ø150 mm 钻具
三开	122	100 ~ 800	88.90 ~ 561.39	114	561.39	PQ 钻杆
四开	96	800 ~ 1600	561.39 ~ 1568.70	89	1568.70	HQA 钻杆
五开	76	1600 ~ 2000	1568.70 ~ 2001.10			NQZL 钻杆(负角螺纹)

尼 1 井除 0 ~ 74 m 为表土层外, 整井主要钻遇地层砾岩、砂岩、泥岩, 交替出现。其中在钻至 396.22 m 处出现全井漏失, 常规堵漏无效, 顶漏钻进; 井深 1150 ~ 1560 m 地层极不稳定, 持续出现构造破碎带, 夹断层泥, 井内缩径严重, 反复出现憋泵、卡钻等情况。

尼 1 井钻井情况分段描述见图 1。

### 4 取心工艺及冲洗液护壁

尼 1 井的一开、二开采用单管硬质合金/复合片钻进取心, 三开、四开、五开采用 Q 系列金刚石绳索取心钻进工艺, 配套 PQ、HQA、NQZL 绳索钻杆。钻进施工时选择合理的钻进参数和操作技术, 严格控制钻压, 为最大限度保证岩心采取率和井身防斜提供了保障, 结果也完全满足地质设计要求。

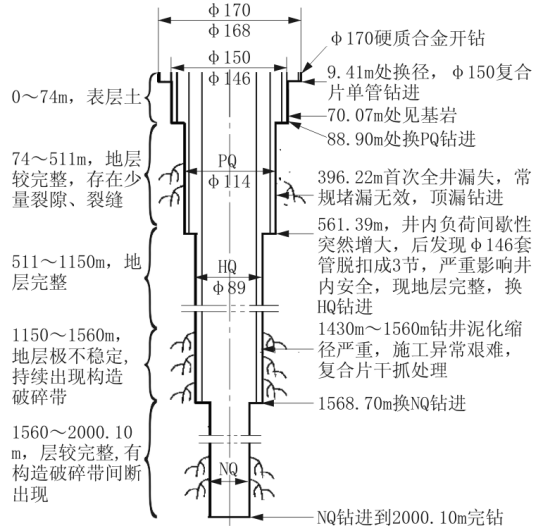


图1 尼1井钻井情况分段描述

冲洗液及护壁选择优先次序为：无固相冲洗液—低固相冲洗液—胶凝泥浆或水泥固井—下套管护孔，简单地层优先采用简单配方，特别注意泥浆固相含量的控制，力求方便现场泥浆维护，同时也能节约成本开支。

表土层、冻土层采用：清水 + 5% ~ 10% SH 植物胶 + 100 ~ 150 ppm PHP + 1‰ ~ 3‰ NaOH。主要参数为：密度 1.02 ~ 1.04 g/cm<sup>3</sup>；粘度 26 ~ 28 s。

基岩完整地层采用：清水 + 100 ~ 150 ppm PHP + 2% ~ 4% SH 植物胶 + 2% ~ 5% 高效润滑剂。主要参数为：密度 1.03 ~ 1.05 g/cm<sup>3</sup>，漏斗粘度 24 ~ 26 s。

膨胀缩径、破碎垮塌地层采用：清水 + 4% ~ 6% 钠土 + 1% CMC + 5% ~ 10% SH 植物胶 + 2% ~ 5% K3 防塌剂 + 5‰ 火碱 + 2% ~ 5% 广谱护壁剂 + 1% 腐植酸钾 + 液态 T 型润滑防卡剂。主要参数为：密度 1.04 ~ 1.07 g/cm<sup>3</sup>，漏斗粘度 26 ~ 32 s。

在实际钻井过程中，以上 3 种泥浆都起到了较好的作用，达到了预期效果。当施工中岩心出现较大井段破碎或者夹有大量遇水软化泥岩时，往往伴随井内负荷加大和钻杆不易下放到位等现象，此时应立即停钻，以防止井内地层情况继续恶化。同时清理泥浆池，捞除沉淀岩粉，调整泥浆配方，重新配浆或在原浆基础上新加入材料重新搅拌，改良泥浆性能，由技术人员测量并作具体指导。然后利用足够的时间冲孔循环，使井内井外泥浆性能达到一致后，再恢复钻进，以适应掉块、垮塌、缩径等复杂地层。

## 5 复杂地层钻探施工实践

### 5.1 漏失地层的施工实践

PQ 钻进至 396.22 m 处首次出现漏失，在泥浆中加入适量的 801/803 堵漏剂随钻堵漏，以及采用 803 堵漏剂 + 粘土粉 + 重晶石粉 + 广谱护壁剂泥球撬孔等方法反复堵漏，效果不理想。后放弃堵漏，直接采用顶漏钻进到 561.39 m，发现 Ø146 mm 套管脱扣成 3 节，出现间歇性井内负荷突然增大，已严重影响钻进施工安全，同时考虑到现阶段地层已足够完整，于是下套管隔离漏失带及脱扣套管并换径。

### 5.2 膨胀缩径、破碎垮塌地层的施工实践

根据 1430.00 ~ 1560.00 m 井段岩心分析，该地层有破碎及遇水膨胀缩径特征，导致该井段施工异常艰难，反复扫孔。在尽力调节泥浆性能并多次反复冲孔、扫孔并无明显效果后，采用无泵 + 复合片钻头干抓的方法，通过多次努力，最终穿过该复杂井段，后继续钻进至 1568.70 m 处下套管隔离复杂井段。

仔细观察该井段岩心会发现存在很多微裂隙，当取该段柱状岩心用泥浆或清水做浸泡实验时，短时间内就会坍塌成松散状，此现象在清水中的速度比在泥浆更快。因此，该类地层在钻进成井后泥浆浸泡，以及近 1500 m 上覆岩层巨大压力的双重作用下，更易造成岩层脱落，钻井缩径垮塌。在该段地层施工时，不断降低泥浆失水率、加大泥浆密度以及调制钙处理粗分散泥浆应对都没有完全克服该现象，可见地层应力释放的迫切性。部分缩径垮塌井段岩心照片见图 2。

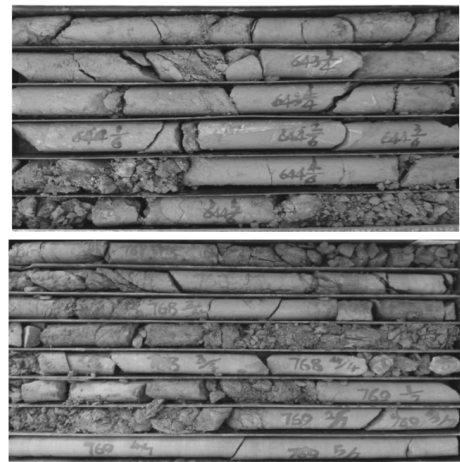


图2 部分缩径垮塌井段岩心照片

同时，测井数据可以看出，钻井的主要施工口径

HQ,其钻头外径96 mm,而测井显示最大井径为337.10 mm,最小井径为93.30 mm,平均井径为102.62 mm,井眼扩大率为6.90%,由此可见,此类沉积岩地层在钻井施工时孔壁的极不稳定性。

## 6 钻井技术指标及质量评述

尼1井于2016年6月20日开钻,10月23日施工结束,历时126 d,台效476 m。其中处理1430.00~1560.00 m复杂井段花费了25 d,效率因此降低。

尼1井设计井深2000 m,实际施工2001.10 m,采取岩心总长1929.18 m,岩心平均取心率96.41%,符合设计85%要求。井身孔斜在终孔位置达到最大,其顶角 $3.2^\circ$ ,方位角为 $290^\circ$ ,顶角平均变化率为 $0.16^\circ/100\text{ m}$ ,远优于设计要求的 $2^\circ/100\text{ m}$ 。同时简易水文观测、原始班报表记录详细准确;井深校正和封孔符合要求。最终该井综合评价为优秀。

## 7 结语

(1)尼1井工程施工完成了设计的各项目任务,且各项质量指标优良。此井已成为迄今为止西藏自治区小口径地质岩心钻探的最深记录,为该地区实施类似油气勘探施工积累了经验。

(2)通常情况下一开、二开套管的主要作用是隔离井口及表层软土层,应尽量置于坚硬完整地层上,但尼玛盆地沉积岩强度低,在后期钻杆不断扰动,上部覆土软层包裹造成套管脚不断悬空的共同作用下,可能会导致套管脱扣,给施工带来很大困难。故建议采用石油钻井中常用的水泥固井,以解决表层套管不稳的情况。

(3)尽量配齐NQ、HQ、PQ、SQ等口径的绳索取

心钻具,充分利用绳索取心工艺的高效性,同时可最大限度地降低单径平均进尺,能预留足够的风险控制口径,在井内异常时可果断下套管,节约宝贵的处理时间,对单年内冰冻期来临前施工超2000 m取心钻井的成功率将进一步提高。

(4)对于钻井深部地段的膨胀缩径、破碎垮塌地层的施工,应仔细分析观察岩心节理裂隙发育及结构特征,必要时进行浸泡实验,反复调节泥浆性能,从而提高施工效率。

(5)西藏地理条件特殊,气候恶劣,同时环保、林业等手续复杂,尽可能地将准备工作提前完成,做到早日进场,为施工预留足够的时间也是切实而重要的。

## 参考文献:

- [1] 张金昌,刘秀美.13000 m科学超深井钻探技术[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2014,41(9):1-6.
- [2] 李之军,陈礼仪,贾军,等.汶川地震断裂带科学钻探一号孔(WFSD-1)断层泥孔段泥浆体系的研究与应用[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2009,36(12):13-15,19.
- [3] 陈师逊,翟育峰,王鲁朝,等.西藏罗布莎科学钻探施工对深部钻探技术的启示[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2012,39(11):1-3,9.
- [4] 翟育峰,王鲁朝,丁昌盛,等.西藏罗布莎科学钻孔冲洗液技术[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2014,41(4):1-4.
- [5] 张统得,陈礼仪,贾军,等.汶川地震断裂带科学钻探项目钻井液技术与应用[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2014,41(9):139-142.
- [6] 孙建华,王林钢,梁健,等.深孔小直径绳索取心钻进施工调研分析和技术建议[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2016,43(2):12-17.
- [7] 张丽君,彭莉,吕红军.深孔绳索取心钻杆质量控制措施[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2012,39(11):33-36.
- [8] DZ/T 0227—2010,地质岩心钻探规程[S].