

西南天山复杂地层绳索取心钻探跑钻事故处理方法

裴森龙¹, 李 博², 侯朝勇¹, 蔡厚安¹, 李 高¹, 叶 雷¹

(1. 有色金属矿产地地质调查中心, 北京 100012; 2. 核工业北京地质研究院, 北京 100029)

摘要:新疆西南天山萨尔干矿区地层极其破碎复杂, 近年来施工的钻孔多全孔破碎、漏失, 钻进过程中时有掉块、卡钻、钻孔坍塌等现象发生, 严重时发生孔内事故, 施工难度较大。本文结合该区一例钻孔施工案例, 介绍了破碎复杂地层取心钢丝绳断裂导致岩心内管脱落, 进而引发严重跑钻事故的处理过程以及注意事项。结合现场事故情况, 通过导向扩孔钻进等方法有效地处理了该起复杂事故, 使钻孔得以顺利终孔, 取得了所需地质资料, 挽回了经济损失。

关键词:绳索取心钻探; 全孔破碎; 跑钻; 二次事故; 事故处理; 主观因素

中图分类号: P634.8 **文献标识码:** B **文章编号:** 2096-9686(2021)08-0053-06

Treatment of drilling string falling-off in wire-line core drilling in complex strata of Southwest Tianshan Mountains

PEI Senlong¹, LI Bo², HOU Chaoyong¹, CAI Houan¹, LI Gao¹, YE Lei¹

(1. China Non-ferrous Metals Resource Geological Survey, Beijing 100012, China;

2. Beijing Research Institute of Uranium Geology, Beijing 100029, China)

Abstract: The strata in the Sargan area of Tianshan Mountains in southwest Xinjiang are extremely fractured and complex. In recent years, many holes have been drilled through broken and lost circulation formation where falling blocks, stuck drilling and hole collapse happened frequently. In reference to a drilling case in this area, this paper introduces the treatment process and cautions for treatment of the serious drilling accident of drilling string falling-off due to breaking of the coring wire line in the fractured complex strata. With analysis of the accident, guided reaming was adopted to deal with the complex accident effectively. As a result, the hole was successfully finished with the required geological data obtained, and some economic losses were recovered.

Key words: wire-line core drilling; broken over the full hole; drilling string fall-off; secondary accidents; accident treatment; subjective factor

0 引言

绳索取心钻探是小口径固体矿产勘查过程中的主要技术手段之一, 近年来随着钻探技术和材料工艺的进步, 在各类地质勘探取心钻探中得以广泛应用^[1-4], 大大地提升了施工效率。与此同时, 由于主观或客观因素, 在绳索取心钻探施工过

程中时有各类孔内事故发生。主观因素主要表现在设备故障, 人为操作不当等方面; 客观因素主要为地层条件复杂^[5-7]。其中人为操作不当导致钻孔事故发生最为常见, 在处理过程中由于处理不当经常引发二次孔内事故或者多次孔内事故, 给事故处理带来更大难度, 造成更大的经济

收稿日期: 2021-03-25; 修回日期: 2021-05-06 DOI: 10.12143/j.ztgc.2021.08.008

基金项目: 中国地质调查局地质调查项目“西南天山成矿带霍什布拉克—乌拉根地质矿产调查”(编号: DD20160001)

作者简介: 裴森龙, 男, 汉族, 1988年生, 工程师, 钻井工程专业, 硕士, 从事钻探技术研究和钻探生产管理工作, 北京市朝阳区安外北苑5号院4区, peisenlong@sina.com。

引用格式: 裴森龙, 李博, 侯朝勇, 等. 西南天山复杂地层绳索取心钻探跑钻事故处理方法[J]. 钻探工程, 2021, 48(8): 53-58.

PEI Senlong, LI Bo, HOU Chaoyong, et al. Treatment of drilling string falling-off in wire-line core drilling in complex strata of Southwest Tianshan Mountains[J]. Drilling Engineering, 2021, 48(8): 53-58.

损失^[8-9]。

在隶属于“西南天山成矿带霍什布拉克—乌拉根地质矿产调查”项目萨尔干矿区的冬季钻探施工中,发生了一次主要由于人为操作不当导致的复杂地层跑钻事故,经过妥善处理最终顺利终孔。

1 矿区概况

萨尔干矿区主体位于新疆阿克苏市柯坪县西部与新疆克孜勒苏柯尔克孜自治州阿图什市东部接壤部位,行政管辖隶属于新疆阿克苏市柯坪县。国道314及阿克苏—喀什高速公路、南疆铁路等从片区外直线距离20 km处东西向通过(南部柯坪山南缘),按照通行道路条件工作区距离柯坪县、阿克苏市、巴楚县距离较近。

勘查区地形切割强烈,自然条件差异性显著,生态环境恶劣,区内水系不发育,基岩裸露,山区植被不发育,除少数咸水泉外无常年地表径流,水源地极少,钻探施工用水大都需要靠拉水车供给。风化作用以物理风化作用为主,沿缓坡地带带有大量风化物、残坡积物^[10-12]。

2 工程概况

2.1 地层及构造

矿区内出露地层以古生代碎屑沉积岩、碳酸盐岩建造为主,少量新生代碎屑岩建造。岩性有砾岩,砂岩,砂砾岩,泥岩,白云岩夹少量亮晶砂岩、灰岩、硅质岩,灰岩等^[12]。

矿区内地质构造比较复杂,褶皱、断裂均很发育^[13-15]。大规模的构造活动使断层附近的岩石节理裂隙发育,岩层大量破碎,风化较强,给钻探施工带来困难,岩心照片见图1。

2.2 以往施工情况

2016年冬季及2017年冬季,本项目在萨尔干片区共计施工7个钻孔,钻孔深度201.12~412.12 m,钻孔均为斜孔,倾角65°~88°。

片区内施工的7个钻孔均全孔破碎、严重漏失,施工中经常出现掉块、卡钻、孔壁坍塌等现象。钻孔附近无水源地,钻探施工需要从十几千米外拉水钻进,同时钻探施工期为冬季,需要采取措施防止结冰,各方面来说整体施工难度较大。项目部采用与地层情况相适应的工艺并对出现的各种



图1 代表性岩心照片

Fig.1 Representative cores

孔内事故妥善处理,最终7个钻孔均通过终孔验收且钻孔质量优良,无一报废,最终取得了较好的地质效果。

其中2017年冬季施工的SZK002出现严重的跑钻事故,经项目部妥善处理最终顺利终孔。以下为该钻孔的施工以及事故处理情况。

2.3 钻孔结构及主要施工工艺

2.3.1 钻孔结构

SZK002号钻孔设计深度250 m,钻孔倾角65°,方位角150°,要求终孔孔径 ≤ 75 mm。该钻孔实际终孔深度241.55 m,终孔倾角64°,终孔方位角152°,NQ孔径终孔。

根据地层结构及以往施工经验,SZK002号钻孔采用3级孔径施工,钻孔结构如图2所示。

一开:PQ短钻具开孔,轻压慢转,穿透第四系覆盖层至基本完整基岩后,下入 $\varnothing 108$ mm孔口套管并固定,深度0~12 m。

二开:HQ口径钻进至见较厚完整硬岩位置,提钻将HQ钻头更换为HQ孕镶金刚石套管靴后下HQ钻杆作为套管并固定,深度12~166.80 m(图3中虚线位置149.75 m为事故发生前原始钻孔HQ孔径深度,166.80 m为事故处理后钻孔HQ孔径深度)。

三开:NQ口径钻进至终孔,深度166.80~241.55 m。

2.3.2 施工工艺

钻探方法为金刚石绳索取心钻进,采用泥浆护壁。因该片区前期施工的钻孔全孔漏失,采取的各种堵漏措施基本无效,在确保钻孔孔壁稳定不坍塌的前提下,同时兼顾施工成本,项目选择全孔顶漏钻进。

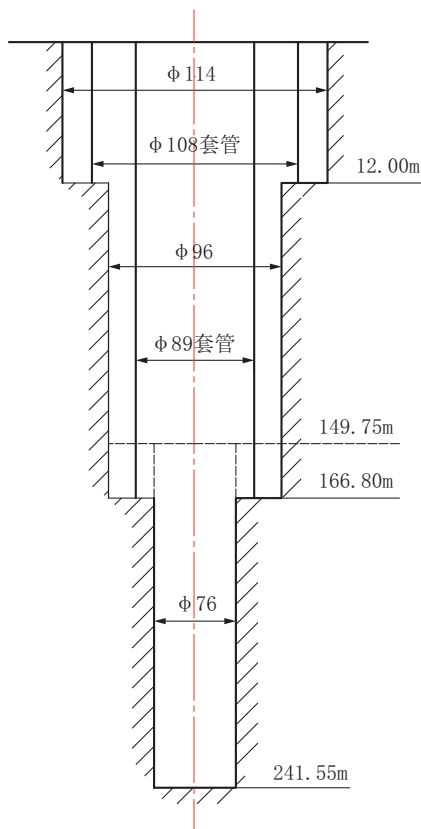


图2 钻孔结构示意图
Fig.2 Drilling structure

施工中采取以下措施保障钻进顺利进行：

(1)配置优质泥浆平衡地层压力,避免孔内掉块坍塌。由于冬季施工,为防止低温导致泥浆性能失效,对泥浆采取了保温措施。

(2)选用中低泵量,形成孔底局部正循环,达到冷却钻头、排出孔底岩屑的目的,同时不至于因泵量过大冲塌孔壁。

(3)选用中转速、中低钻压的钻进参数,在起下钻过程中保持速度稳定,防止产生局部抽吸现象扰动孔壁。

(4)采取措施保障生产后勤供应,确保施工用水充足,防止因为缺水停钻而导致孔内事故发生。

2.4 施工设备

根据矿区地层情况及钻孔设计要求,SZK002号钻孔施工所用设备为YDX-3L型全液压履带式动力头钻机,具有给进行程长、可以自主行走等优点,适用于金刚石绳索取心钻进。钻探设备及施工现场图见图3,钻机主要性能参数见表1。

配套了与钻孔深度和钻探任务量相匹配的



图3 施工现场
Fig.3 Drilling site

表1 钻机主要性能参数

Table 1 Main technical parameters of drilling rig

名 称	参 数
钻机型号	YDX-3L 型
最大钻探能力/m	400(PQ)、700(HQ)、1000(NQ)
钻孔倾角/(°)	45~90
额定功率/kW	132
最大提升力/给进力/kN	120/50
动力头行程/mm	3500
钻塔总长/m	9
动力头扭矩/(N·m)	4257
回转转速/(r·min ⁻¹)	0~1182
通孔直径/mm	117
配套泥浆泵	BW160 型

PQ、HQ、NQ 系列钻具、钻杆以及一定量的套管,此外还配备了公锥、母锥等事故处理工具。

3 事故概况及事故原因分析

3.1 事故概况

SZK002 号钻孔于 2017 年 11 月 15 日早班 PQ 孔径开钻施工至孔深 12 m 处变径为 HQ 口径施工。HQ 口径施工至孔深 149.75 m 后提钻,将 HQ 钻头更换为 HQ 套管靴,以 HQ 钻杆作为套管下入孔内,然后变径为 NQ 口径继续施工。2017 年 11 月 20 日晚班 NQ 口径施工至 166.80 m,打捞岩心内管时绳索取心钢丝绳断裂导致内管滑落至孔底。事故发生后当班班长决定提钻处理,提钻至孔内剩余 61 m(19 根 3 m 长钻杆,一根 4 m 长钻具)钻柱时,孔口夹持器因结冰夹持力减弱,导致 NQ 钻杆滑落孔底发生二次事故。

3.2 事故原因分析

结合施工情况及现场打捞出的钢丝绳,分析本次事故发生的原因如下:

(1)破碎地层钻进需要频繁捞取岩心,斜孔施工时取心钢丝绳磨损严重,出现断丝现象,施工人员粗心大意,没有仔细检查并及时更换破损的钢丝绳导致内管脱落事故的发生。

(2)事故发生后没有吸取教训,处理之前没有全面检查设备状况,未能发现夹持器结冰,导致在提钻处理内管脱落事故时NQ钻杆滑落,引发二次事故。

(3)钻孔全孔漏失,施工时采取顶漏钻进,事故发生时孔底无水位,因此钻杆滑落至孔底的冲击力较大,造成了严重的跑钻、墩钻事故。

3.3 解决方案

为顺利处理井故,技术人员对事故情况进行详细分析,判断事故发生后孔内情况大致为:取心钢丝绳及事故头位于HQ套管内部,事故头位置位于约105.8 m孔深处;孔底NQ钻具可能已发生膨胀,膨胀程度未知。

首先设法打捞孔内钢丝绳,清除孔内障碍物,然后根据事故钻具在孔内可能存在两种形态,采取不同的处理方法:

若NQ钻具未膨胀或轻微膨胀(图4a),则打捞出钢丝绳后直接下入公锥打捞事故钻杆即可;若NQ钻具严重膨胀发生卡钻现象(图4b),则需扩孔处理后再下入公锥进行打捞。

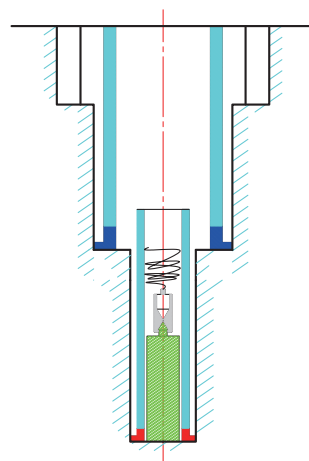
4 事故处理经过

4.1 打捞孔内钢丝绳

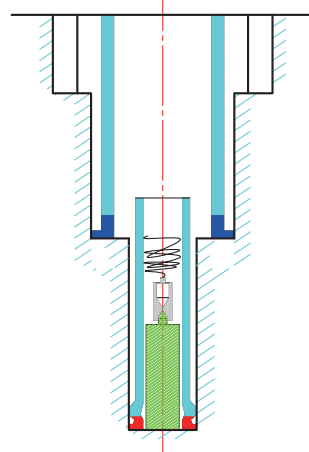
首先采用现场自制打捞钩打捞孔内钢丝绳,扫除孔内障碍物,打通钻井液通道,为下一步处理做好准备。因不清楚钢丝绳的具体位置,多次不同深度下入打捞钩上下窜动打捞无果,因此决定直接打捞钻杆。

4.2 打捞钻杆

HQ套管下入至149.75 m孔深处,事故发生时孔深166.8 m,滑落孔内的NQ钻杆有61 m长,事故头位于约105.80 m孔深处,因此跑钻钻杆头处于套管内,这为事故处理降低了不少难度。下入NQ公锥后锥上孔内钻杆事故头后,称重发现钻机大钩负荷极大,无法提钻。判断因钻孔为干孔,跑钻发生时



(a) 钻具未膨胀或轻微膨胀



(b) 钻具严重膨胀发生卡钻

图4 事故钻具在孔内的形态示意

Fig.4 Position of the accident drilling tool in the hole

孔内无缓冲力,孔底钻杆已发生墩胀,因此打捞钻杆失败。

4.3 扩孔钻进

因孔底钻具发生膨胀卡钻打捞无效,决定对钻孔进行扩孔处理。原钻孔HQ口径施工至149.75 m孔深处,所需扩孔深度较小(从149.75 m至166.80 m,仅17.05 m),因此直接利用HQ孕镶金刚石套管靴作为薄壁扩孔钻头进行扩孔。该钻孔为65°斜孔,为防止扩孔发生偏斜,将NQ钻杆全部留在孔内起导正作用,HQ钻杆下接套管靴套在NQ钻杆外扩孔钻进。

扩孔时轻压慢转,加大泵量,确保孔内岩屑排净,防止将孔内的NQ钻杆掩埋。同时在钻杆外涂抹黄油,一方面起到润滑钻杆保护孔壁的作用,

另一方面减小钻杆和孔壁的摩阻力,方便终孔后起拔套管。

4.4 提钻

两个班后扩孔至事故发生时的孔底位置,固定HQ套管后提NQ钻杆。提钻后发现下部多处钻杆接头处发生蹩粗变形,紧连钻具的一根钻杆由于事故发生时冲击力过大已大部分穿插到钻具内,金刚石钻头发生严重变形,工作面已在事故及扩孔过程中脱落,仅剩胎体。下部几根钻杆丝扣已无法打开,无法使用蘑菇头提钻,现场将钻杆切割打孔后穿入钢丝绳完成了最后的提钻工作。图5为事故处理现场图片。



图5 事故处理现场图片

Fig.5 Some photos of drilling accident handling

至此完成了事故的处理工作,清理机台现场,对钻机进行检修后恢复正常钻进。

5 经验体会

绳索取心钻探孔内事故发生的原因大致可分为主观因素和客观因素2类。回顾SZK002号钻孔事故发生的经过,主观因素是事故发生的主要原因,而在事故发生后未及时检查设备状况,导致二次孔内事故的发生,加大了事故的处理难度。分析此次跑钻事故,总结出以下几点经验体会:

(1)钻探过程中全孔顶漏钻进违反钻探规程,是造成此次事故发生的主要原因之一,在复杂地层钻

进中应采取有效的堵漏措施确保钻井液正常循环,防止出现干孔现象。

(2)绳索取心钻探孔内事故的发生要以预防为主,应加强对机班长等机台一线生产人员专业知识、责任心、职业素养等方面的培训,增强事故防范意识;此外,应定期对仪器设备进行仔细的检修和保养,发现问题及时维修更换,在复杂地层及冬季施工时更应加强检修频率,避免因设备原因导致孔内事故的发生。

(3)小口径金刚石绳索取心钻探中,取心钢丝绳断裂是常见的孔内事故之一,选用优质耐磨钢丝绳,经常性地对钢丝绳进行检查、保养,发生断丝现象要及时更换,切忌“带病”工作。

(4)孔内事故发生后,应及时详细准确地记录事故深度以及事故发生经过,耐心分析研判后再采取有效措施,避免因慌张鲁莽处理,引发二次孔内事故,增加处理难度,造成更大的经济损失。

(5)一般跑钻事故可采用钻杆或丝锥打捞方式处理;产生孔底钻具膨胀卡钻的严重跑钻事故可先扩孔后再打捞处理,扩孔过程中要做好导向措施,排净孔内碎屑,防止发生埋钻事故。

参考文献(References):

- [1] 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.
SUN Jianhua, WANG Lingang, LIANG Jian, et al. Analysis on small diameter wire-line core drilling technology in deep hole [J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2016,43(2):12-17.
- [2] 王达.深孔岩心钻探的技术关键[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2009,36(S1):1-4.
WANG Da. Key technology of deep hole drilling [J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2009, 36(S1):1-4.
- [3] 鄢泰宁.岩土钻掘工程学[M].武汉:中国地质大学出版社,2001.
YAN Taining. Rock and Soil Drilling and Excavation Engineering [M]. Wuhan: China University of Geosciences Press, 2001.
- [4] 屠厚泽.钻探工程学[M].武汉:中国地质大学出版社,1988.
TU Houze. Drilling Engineering [M]. Wuhan: China University of Geosciences Press, 1988.
- [5] 刘瑞琪.钻井工程事故的预防与处理[M].北京:中国建筑工业出版社,1982.
LIU Ruiqi. Prevention and Treatment of Drilling Engineering

- Accidents[M]. Beijing: China Architecture & Building Press, 1982.
- [6] 蒋伟祥,倪鑫.唐串河铁矿区岩心钻探技术及孔内事故处理[J].西部探矿工程,2009(9):48-51.
- JIANG Weixiang, NI Xin. Core drilling technology and accident handling in Tangchuanhe iron mining area[J]. West-China Exploration Engineering, 2009(9):48-51.
- [7] 李继文,王平,张志强,等.钻探工作中常见孔内事故的预防与处理[J].吉林地质,2010,29(4):129-131.
- LI Jiwen, WANG Ping, ZHANG Zhiqiang, et al. Common drilling accidents in hole prevention and treatment in drilling[J]. Jilin Geology, 2010,29(4):129-131.
- [8] 孙建华,刘秀美,王志刚,等.地质钻探孔内复杂情况和孔内事故种类梳理分析[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2017,44(1):4-9.
- SUN Jianhua, LIU Xiumei, WANG Zhigang, et al. Classification and analysis on complex cases and accidents in geological drilling holes[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2017,44(1):4-9.
- [9] 蒋希文.钻井事故与复杂问题(第二版)[M].北京:石油工业出版社,2006.
- JIANG Xiwen. Drilling Accidents and Complications (2nd Edition)[M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 2006.
- [10] 刘增仁,等.西南天山成矿带霍什布拉克-乌拉根地质矿产调查项目成果报告[R].北京:有色金属矿产地质调查中心,2019.
- LIU Zengren, et al. Report on the Huoshibulak-Wulagen geological and mineral survey project in the Tianshan Metallogenic Belt, Southwest China[R]. Beijing: China Non-ferrous Metals Resource Geological Survey, 2019.
- [11] 叶庆同,傅旭杰,胡益平,等.西南天山金和有色金属成矿条件和找矿靶区研究[M].北京:地质出版社,1999.
- YE Qingtong, FU Xujie, HU Yiping, et al. Study on Metallogenic Conditions and Prospecting Target of Gold and Nonferrous Metals in Southwest Tianshan Mountains[M]. Beijing: Geological Publishing House, 1999.
- [12] 叶雷,等.新疆柯坪县萨尔干地区1:5万矿产地质调查报告[R].北京:有色金属矿产地质调查中心,2019.
- YE Lei, et al. Geological survey report of 1:50000 mineral deposits in Sargan area, Keping county, Xinjiang[R]. Beijing: China Non-ferrous Metals Resource Geological Survey, 2019.
- [13] 尚明亮,郑飞,李咸阳,等.新疆阿图什萨尔干断裂地质特征及地质意义[J].新疆地质,2016,34(1):113-117.
- SHANG Mingliang, ZHENG Fei, LI Xianyang, et al. The geological characteristics and geological implication of Sargan[J]. Xinjiang Geology, 2016,34(1):113-117.
- [14] 何文渊,李江海,钱祥麟,等.塔里木盆地柯坪断隆断裂构造分析[J].中国地质,2002,29(1):37-42.
- HE Wenyuan, LI Jianghai, QIAN Xianglin, et al. Tectonic analysis of Keping uplift fault in Tarim Basin[J]. Geology in China, 2002,29(1):37-42.
- [15] 朱志新,董连慧,王克卓,等.西天山造山带构造单元划分与构造演化[J].地质通报,2013,32(2-3):298-305.
- ZHU Zhixin, DONG Lianhui, WANG Kezhao, et al. Tectonic unit division and tectonic evolution of the Western Tianshan orogenic belt[J]. Geological Bulletin of China, 2013,32(2-3):298-305.

(编辑 荐华)