火山监测流体观测井复杂落物打捞修复技术

赵生庆，陈昊朋，黄禹宪，王志勇，刘 伟
（吉林省水文地质调查所，吉林 长春 130103）

摘要：某火山监测站流体观测井因仪器卡死及前期打捞失败，导致井内遗留钻杆、线缆等多种复杂落物，且施工受高海拔景区场地与环保严格限制。针对此复杂井况，采用井下电视精准探查事故头，综合运用“捞、反、磨、套铣”等工艺进行修复。施工中采用外力辅助增扭，使用反丝公锥造扣并倒扣，成功反出事故钻具；定制带绞线筒的套铣工具，并创新改进（内壁焊钢筋钩）以清除缠绕线缆与打捞钻具；最终采用公接手对接打捞及外钩打捞清理残余线缆。同时，配制高黏度冲洗液携屑，并构建闭环系统实现冲洗液零排放。结果成功捞出井内全部落物，累计捞出事故钻杆总长173.44 m，并捞出全部线缆、仪器及打捞钩，打捞成功率100%，井壁无二次损伤，完全恢复观测井功能，挽回经济损失近200万元。本研究为同类复杂井下落物打捞修复提供了可借鉴的技术思路与实践经验。

关键词：观测井；火山监测；落物打捞；套铣；井下电视；公锥；母锥；绿色施工
中图分类号：P634.8 **文献标识码**：B **文章编号**：2096-9686(2026)S1-0375-06

Fishing and remediation technology for complex falling objects in volcanic monitoring fluid observation well

ZHAO Shengqing, CHEN Haopeng, HUANG Yuxian, WANG Zhiyong, LIU Wei
(*Jilin Provincial Institute of Hydrogeological Survey, Changchun Jilin* 130103, *China*)

Abstract: Due to instrument sticking and a previous failed fishing operation, a fluid observation well at a volcanic monitoring station was left with various complex fish, such as drill pipes and cables. Furthermore, the operation was strictly constrained by the high-altitude scenic location and environmental protection requirements. To address these complex well conditions, a downhole television system was used to accurately locate the top of the fish, and a combination of techniques-fishing, back-off, milling, and washover milling-was applied for well remediation. During the operation, external force was applied to increase torque, and a left-hand tapered tap was used for thread making and back-off, successfully backing off the stuck drill string. A customized washover tool with a wire-reel barrel was developed and innovatively modified (by welding steel bar hooks on its inner wall) to clear entangled cables and assist in fishing the drill tools. Finally, pin joint connection fishing and external hook fishing were employed to recover the remaining cables. Meanwhile, a high-viscosity drilling fluid was formulated for cuttings removal, and a closed-loop system was established to achieve zero discharge of drilling mud. As a result, all downhole fish were successfully retrieved, including a total length of 173.44 m of stuck drill pipes, along with all cables, instruments, and fishing hooks, achieving a 100% fishing success rate. The wellbore sustained no secondary damage, the function of the observation well was fully restored, and economic losses of nearly 2 million RMB were saved. This study provides referable technical approaches and practical experience for the fishing and remediation of complex fish in similar troubled wells.

Key words: observation well; volcanic monitoring; fishing; washover milling; downhole television; tapered tap; die collar; green construction

0 引言

本项目为某火山监测站流体观测井修复工程，该观测井于2012年完工并验收合格。在使用过程中，井内发生事故，下入井内的探测仪器因不

收稿日期：2025-11-02；**修回日期**：2026-03-20 **DOI**：10.12143/j.ztgc.2026.S1.050
第一作者：赵生庆，男，汉族，1984年生，高级工程师，探矿工程专业，主要从事钻探工程技术研发及施工管理工作，吉林省长春市卓越大街555号，13179212233@163.com。
引用格式：赵生庆，陈昊朋，黄禹宪，等.火山监测流体观测井复杂落物打捞修复技术[J].钻探工程，2026，53(S1)：375-380.
ZHAO Shengqing, CHEN Haopeng, HUANG Yuxian, et al. Fishing and remediation technology for complex falling objects in volcanic monitoring fluid observation well[J]. Drilling Engineering, 2026, 53(S1): 375-380.

明原因卡住无法提出，强提导致260 m钢丝绳及400 m数据线缆断开落入井内。2023年曾进行一次打捞修复，不仅没有成功，还造成孔内一百多米Ø73 mm钻杆及打捞钩折断落井，给后续的修复工作带来极大的施工难度[1]。本次修复工程需将井内落物全部捞出，确保打捞过程中井壁无二次损伤，并保证修复后的流体观测井能够正常放置2个Ø28 mm×265 mm的监测仪器[2]。

1 观测井基本数据

本观测井一开采用Ø311 mm钻头钻至56 m，下入Ø273 mm套管56 m；二开采用Ø215.9 mm钻头钻至454.38 m，下入Ø139.7 mm套管452.38 m，采用水泥固井。完井方式为射孔完井，射孔层位总计27 m（射孔层位267～275、286～290、395～399、406～410、420～423、431～435 m），静水位250.3 m，孔斜0°～2.45°。观测井结构及落物如图1所示[2]。

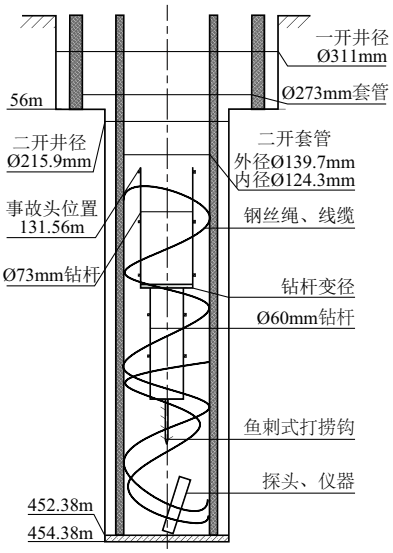

图1 观测井结构及落物示意

2 施工难点

（1）观测井内落物数量多、种类多，需采取多种处理方法，不同落物的物理特性和所处位置差异较大，大幅增加了处理难度。

（2）另一家施工队伍曾在2年前打捞过观测井内落物，结果打捞失败，形成二次事故叠加，使井内情况更加复杂，原有落物位置可能发生偏移，还新增了折断的钻杆和打捞钩等落物[2]。

（3）观测井内事故钻具及其他落物的部分规格尺寸数据不详，给打捞工作增加了难度，无法精准匹配打捞工具[3]。

（4）施工场地位于高海拔山区，且是旅游景区，受场地限制，无法使用大型施工设备。

（5）施工工期紧，风险高，对施工进度的把控和各环节的衔接要求极高。

3 准备工作

为确保在预定工期内顺利完工，需掌握施工场地的各种情况，选择适合的设备及工具，有效降低施工安全风险。

3.1 现场踏勘

施工前期通过现场踏勘掌握场地施工条件，采用井下电视系统精确确定事故头位置：折断钻杆在井内居中，深度131.56 m（图2）。井下电视系统具有高清成像、实时传输的特点，能够清晰呈现井内落物的形态、位置等关键信息，为后续施工方案的制定提供了可靠依据[4]。

图2 事故头位置

3.2 配置设备及工具

受施工场地条件限制，选用HYDX-5A型全液压岩心钻机[5]。该钻机采用模块化设计，具有液压支腿、移动履带、折叠桅杆，可无级调速，便于在狭窄且地形复杂的高海拔山区进行移动和操作。在配置工具方面，考虑到事故处理的高风险性及施工中采用工艺方法的不确定性，前期准备多种工具（见表1），以满足施工中能够采用“捞、反、磨、套铣”等多种处理方法。

4 施工过程

4.1 采用捞矛打捞钻具

根据井下电视图像可判断出事故头为折断的钻杆，位置居中，内外径无变形。为保险起见，首

表1　配置工具

名　称	规　格　参　数	数量
反丝公锥	长113 cm，螺纹直径38～108 mm	2个
反丝公锥	长72 cm，螺纹直径25～75 mm	1个
反丝母锥	MZ100-80×30-NC26LHSM，长80 cm	1个
反丝母锥	MZ105-90×55-NC31LHSM，长70 cm	2个
滑块式捞矛	杆径Ø51 mm，总长109 cm，2个滑块，直径51～64 mm	2个
滑块式捞矛	杆径Ø57 mm，总长105 cm，2个滑块，直径57～73 mm	2个
倒扣捞矛	DLM-T73，总长67 cm，可打捞落鱼内径61.5～77.9 mm	1个
弧形强磁打捞器	Ø105 mm，长55 cm	1个
平底磨鞋	Ø120 mm，2个Ø14 mm水口	2只
外钩捞绳器	杆径Ø50 mm，长2 m，钩子采用Ø10 mm钢筋加工，6 cm/段，间距25 cm斜向上30°焊接	1根
铣鞋	Ø122 mm，内径Ø102 mm	1只
铣管	Ø114 mm，2 m/根	4 m
钻杆	N系列绳索取心钻杆，Ø71 mm	500 m
钻杆	反丝钻杆，Ø60 mm	500 m
吊钳	Q60-178×35，最大扭矩22 kN·m	2把
液压动力钳	XQ89/3YC	1台

先用杆径Ø51 mm的滑块式捞矛连接反丝钻杆进行打捞，没有成功。提出后查看滑块上丝扣磨损严重，更换杆径为Ø57 mm、可打捞落鱼直径范围更大的滑块式捞矛，捞住井内事故钻杆后无法提动，用主卷扬和动力头多次提升无果后反转提出。更换倒扣捞矛连接反丝钻杆作业，使用钻机最大扭矩没能反开事故钻杆，从鱼顶退出后更换其他打捞工具[6]。滑块式捞矛和倒扣捞矛在不同尺寸和工况的落物打捞中应用广泛，其打捞原理是通过机械结构与落物形成可靠连接，进而实现打捞，在面对钻杆被卡死，无法施加足够扭矩的情况下打捞失败。

4.2　采用公锥造扣打捞钻具

若井内事故钻具是反丝钻杆，采用反丝钻杆处理则适得其反。为确定井内事故钻具的规格尺寸等详细情况，经多方调研取得上次事故处理的施工方案，了解到：上次事故处理中，在打捞观测井内线缆、上提钻具至井内300 m左右深度时被卡，用多种方法处理均无效，最终采用100 t千斤顶强力起拔，导致钻具折断，多次尝试打捞井内钻具失败后放弃；观测井内落物钻杆共计170 m左右，全部为正丝钻杆，其中上部为100 m Ø73 mm钻杆，下面变径连接Ø60 mm钻杆，最下端焊接1.1 m长的鱼刺式打捞钩，钻具无出水口，钻杆为一米多到两米多的非标准单根，Ø73 mm钻杆接手外径为100 mm，Ø60 mm钻杆接手外径为75 mm。

明确井内钻具为正丝钻杆后决定用反丝公锥造扣反开井内钻杆。为防止公锥劈开Ø73 mm钻杆，采用长50 cm的Ø108 mm套管焊接在公锥上(图3)。

图3　公锥加装套管

用反丝钻杆连接反丝公锥下入事故头处，造扣到位后，以钻机最大扭矩仍无法倒扣。分析原因是此型号钻机扭矩不够，需增加外力，故将吊钳固定在反丝钻杆上，把手处用钢丝绳连接到皮卡车上，在钻机卡盘和皮卡车拖拽共同作用下，成功将井内钻具反开。第一次反出事故钻具Ø73 mm钻杆31根合计80.66 m。第二次反钻杆前分析井内事故头为Ø100 mm母接手，故将焊接在公锥上的Ø108 mm套管去掉，依然采用皮卡车增加外力的方法，反出Ø73 mm钻杆3根合计7.83 m。第三次反钻杆前更换新公锥，反出Ø73 mm钻杆1根2.55 m，三次共反出Ø73 mm钻杆91.04 m。第四次反钻杆采用螺纹直径范围25～75 mm的新公锥，用同样的方法未能反开，又增加一把吊钳，用两台车增加外力，井内事故钻具还是未能反开，并导致公锥折断。提钻测量公锥折断处直径为35 mm，同Ø60 mm钻杆接手最小内径相同，据此判断井内钻杆事故头已到变径位置。由于公锥尖端折断到事故头接手里，无法再用公锥打捞，而现场携带的母锥可造扣的最大外径为90 mm，小于事故头外径100 mm，故决定采用套铣方法处理[7]。

4.3　定制特殊套铣工具作业

根据已打捞的钻具长度，计算观测井内钻具事故头位置深度为222.60 m，用井下电视查看井内情况，发现从214.9 m开始有线缆黏附于套管壁(图4)。

分析线缆可能一直连接到事故钻具最下方或井

图4 观测井井壁线缆

底，中间同钻具缠绕在一起，很可能在接手位置形成卡点将钻具卡牢。套铣前需先将事故头上方线缆处理干净，而现场的常规Ø122 mm铣鞋无法有效清除线缆，故定制了一套特殊的套铣工具（表2）。A套铣钻头内部设有可拆卸的绞线筒（图5）。

图5 特殊套铣工具

绞线筒长50 cm，壁厚4.5 mm，设有9个倒钩片，在钻进过程中，可将进入绞线筒内的线缆切割缠绕。钻头内侧面设有磨料，可对钻头内落鱼进行有效研磨，同时钻头上方接头变径处设有4块磨料，可有效防止套铣钻具同套管间的环状间隙被线缆卡死[8]。

施工时首先用A套铣钻头尝试能否正常下到事故头上方线缆的位置，在下放到86.5 m深度时出现卡钻，提钻下入井下电视查看（图6）。卡钻位置为Ø139.7 mm套管丝扣连接处，套管丝扣松脱6圈，分析原因可能是套管丝扣处有轻微变形，Ø120 mm套铣钻头外径与Ø139.7 mm套管仅有4.3 mm间隙，稍有变形则导致套铣钻具无法下入。将套铣钻头提出，采用Ø120 mm平底磨鞋钻过卡钻位置，然后再更换套铣钻头顺利下入到180 m处孔壁贴有线缆上方[9]。钻进前配制冲洗液，考虑到线缆碎屑中铜线和铁线密度大，现场配制高黏度、高密度、高切力冲洗液。1 m^3冲洗液中添加轻质黏土粉200～280 kg、纯碱2～4 kg、聚丙烯酸钾1.5～2.5 kg，该冲洗液具有良好的携砂及润滑性能，在采用A套铣钻头钻进过程中携带出大量线缆碎屑（图7）[10]。

图6 卡钻位置丝扣

图7 井内返出线缆碎屑

冲洗液循环过程中，在搅拌罐下部开设出水口，用胶管连接到泥浆泵进水口，同时利用井口下方地下空间，在Ø139.7 mm套管上焊接0.8 m长Ø108 mm套管形成出水口，下方采用环保垃圾桶替代泥浆坑，在桶中放置水泵将返出的冲洗液输送到搅拌罐中（图8），并定期采用吸污车处理废弃冲洗液，实现施工场地冲洗液零排放，有效避免了冲洗液污染周围环境[11]。

表2 厂家定制特殊套铣工具

名 称	规格型号	数量	备 注
A套铣钻头	Ø120 mm	1只	内径89 mm，长70 cm，同Ø114 mm短管焊接在一起，内部可放置绞线筒
B套铣钻头	Ø120 mm	1只	内径92 mm，长70 cm，同Ø114 mm短管焊接在一起
铣管	Ø114 mm	1根	长2.5 m，壁厚10 mm
变径接头	Ø114×Ø210 mm反	1只	接反丝钻杆，外部变径处有四块磨料

图8　冲洗液循环

4.4　现场改进A套铣钻头作业

去掉A套铣钻头内的绞线筒,在钻头内壁上方15 cm处开始,呈顺时针方向倾斜错位焊接3个1.5 cm长的Ø10 mm钢筋钩[12](图9),成功将事故头上方大量线缆团取出(图10),并意外将事故头变径接头反出(图11)。

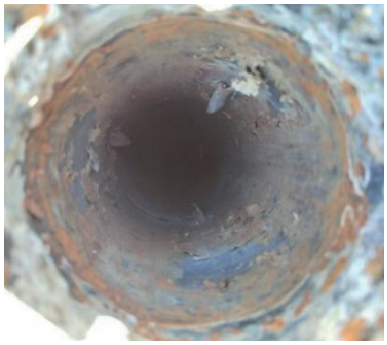

图9　改进A套铣钻头

图10　打捞出线缆团

事故头上方Ø100 mm母接手磨损严重,部分已被磨光,测量其最小直径为73 mm,远小于A套铣钻头内径89 mm,说明其在井内没有居中,发生严重偏磨。事故头下方变径接头为Ø60 mm钻杆公接手,可看到之前折断的公锥(图12),验证了此前对事故头处于变径处的判断。现场改进工具是应对复杂施工情况的有效手段,根据实际施工中遇到的问题,对工具进行针对性改造,能够提高工具的适用性和作业效率。

图11　打捞出变径接头

图12　变径接头中折断公锥

4.5　采用反丝母锥打捞结合改进的A套铣钻头清理线缆

反出了事故钻具的变径接头,井内事故钻杆都是Ø60 mm钻杆,配Ø75 mm接手,根据打捞上来的变径接头公接手处丝扣磨损严重,判断井内的事故头Ø75 mm母接手丝扣也磨损严重,故换MZ105-90×55反丝母锥造扣打捞,成功反出8根Ø60 mm钻杆合计15.89 m。此时井内事故钻具深度下移15.89 m,为清除这一深度的线缆,更换改进的A套铣钻头钻进,清除线缆的同时,成功带出2根Ø60 mm钻杆合计4.52 m,套铣钻头上方内壁上焊接的钢筋钩已倾倒,并将带出的钻杆夹紧(图13)。说明改进的A套铣钻头除了可以清理线缆,对打捞钻杆也有效果。反丝母锥打捞与套铣钻头清理线缆相结合的方法,实现了两种工艺的优势互补,既解决了线缆对打捞作业的阻碍,又提高了钻具打捞的成功率。

图13　改进的A套铣钻头打捞出钻杆

4.6 采用公接手打捞

无论是用公锥或母锥造扣反钻杆，还是用套铣钻头反钻杆，都会将事故钻具接手越反越松，且每次反上来的钻杆数量不确定，导致工作量加大。在分析上一次打捞上来的钻杆最下端公接手磨损轻微的情况下，果断选择用事故钻杆公接手进行对接打捞，把事故钻杆公接手焊接在反丝钻杆上。处理过程中落鱼整体下移，探得井内事故头位置深度已至384.4 m。将钻具下至事故头上方，正向慢转几圈，上下反复几次，待压力表有变化时提钻，卸钻杆时冲洗液喷出，判断下入的公接手已对接上井内事故头母接手。提钻完成后，共打捞27根Ø60 mm钻杆61.79 m、连接1根1.1 m长鱼刺式打捞钩，以及一个Ø28 mm探头监测仪器。公接手打捞利用钻杆自身的连接结构进行对接，减少了对钻具接手的额外损伤，同时也提高了打捞的稳定性和效率[12]。

4.7 采用抓钩打捞线缆

对于井内剩余的少量零散线缆，采用抓钩进行打捞。抓钩采用高强度钢材制作，具有多个锋利的钩齿，能够有效钩住线缆。将抓钩连接在钻杆下端，缓慢下入井内，根据井下线缆的位置计算钻杆下入深度，当确认抓钩钩住线缆后，缓慢提升钻杆，成功打捞出全部剩余线缆。

5 修复效果

（1）通过多种施工方法，成功将井内落物全部打捞，包括事故钻杆72根共计173.44 m、鱼刺式打捞钩1根1.1 m、Ø28 mm探头监测仪器1个、2根Ø4 mm数据线缆和2根Ø4 mm钢丝绳，打捞成功率达到100%。

（2）施工过程中井壁无二次损伤，修复后的观测井能满足2个Ø28 mm×265 mm监测仪器的放置需求，经检测，井内各项参数均符合观测要求。

（3）打捞工作结束后清洗观测井至水清砂净，为后续的监测工作提供了良好的井内环境。

（4）实现了绿色施工，充分保护了现场的生态环境，施工场地周边植被未受到冲洗液污染，符合旅游景区的环保要求。

（5）避免了观测井报废，挽回经济损失近200万元，节省了重新钻井的高额支出。

（6）为下一步开展火山监测工作赢得了时间，意义重大，有助于及时获取火山流体的相关数据，为火山监测和预警提供支持。

6 结论

（1）事故井修复工程要尽可能详细收集相关信息，为施工方案的制定提供科学依据，合理的设备和工具选型是确保施工顺利的基础。

（2）在复杂的事故井修复施工中，随时可能出现新的问题，充足的工具和材料储备能够提高应对突发情况的能力。

（3）井下电视系统为施工提供了直观的井内信息，而施工人员的经验判断和分析能够弥补设备观测的局限性。

（4）事故处理过程中要考虑到后续处理步骤，给下一步操作留出空间。合理的施工规划和步骤衔接，能够减少施工中的失误，降低事故风险。

（5）事故处理也要秉承绿色环保理念，最大限度保护生态环境，统筹平衡工期与经济成本。在保证施工质量和安全的前提下，合理管控施工进度与投入，实现经济效益和社会效益相统一。

参考文献：

[1] 高鹏阳，薛宪波，曹金凯，等.井下复杂落物打捞技术工艺优化探讨[J].中国石油和化工标准与质量，2025，45(5)：150-153.
[2] 陈昊朋，黄禹宪，刘伟，等.火山监测站流体观测井修复工程施工方案[R].长春：吉林省水文地质调查所，2025.
[3] 范少锟.油田井下打捞作业及其工具改进探析[J].中国石油和化工标准与质量，2024，44(21)：23-25.
[4] 刘景兰，葛菲媛，石文学，等.井下电视在地下水环境监测井调查中的应用[J].中国锰业，2021，39(6)：72-76.
[5] 文治国.连云港黄海机械厂HYDX-5型全液压岩心钻机[J].地质装备，2008，(1)：36.
[6] 麻坦.螺杆钻具三卡瓦偏心打捞筒的研制及应用[J].钻探工程，2024，51(6)：99-105.
[7] 贾凤龙，孔得臣，张忠强，等.南海某井取样工具打捞及后续井眼处理[J].海洋石油，2025，45(4)：74-77，82.
[8] 张纯峰.套铣管技术在水文钻具事故处理中的应用[J].探矿工程(岩土钻掘工程)，2012，39(6)：39-41，45.
[9] 杨轶，王建强，洪建俊.煤矿井下套铣打捞技术研究与应用[J].钻探工程，2021，48(2)：64-69.
[10] 程洪辉.油田井下作业中落物打捞技术要点[J].化学工程与装备，2023，(8)：71-72.
[11] 董怀荣.我国钻井液净化和不落地系统现状与对策研究[J].西部探矿工程，2021，33(10)：69-73.
[12] 唐晓明.川渝地区复杂深井钻具故障打捞处理技术与应用[J].钻采工艺，2025，48(6)：36-44.

（编辑 王跃伟）