

伊犁盆地砂岩型铀矿孔斜防控实践分析

肖长城

(核工业二一六大队,新疆乌鲁木齐 830011)

摘要:近年来在新疆伊犁盆地施工的砂岩型铀矿钻孔孔深大多在600~1000 m之间,钻孔终孔测井平均偏斜距在28 m左右,孔斜控制是影响伊犁矿区钻孔成孔质量的主要技术难题。伊犁盆地钻探施工多采用普通取心钻进工艺,成孔的钻杆与孔壁间的环状空间大,盆地内复杂地层引起的钻孔扩径现象普遍。普通取心钻进钻杆刚度小,钻杆在孔内转动时甩动弯曲幅度大,是导致孔斜控制困难的主要影响因素。中深孔钻孔偏斜距较大,影响地质成果质量和钻探经济效益。通过设计适合在伊犁盆地复杂地层内使用的扶正器并优化钻具组合,使伊犁盆地试验区内施工的中深孔平均偏斜距得到了大幅度的下降,该技术方案对同类型钻孔施工具有一定的借鉴性。

关键词:中深孔;孔斜;扶正器;钻铤;偏斜距

中图分类号:P634.7 **文献标识码:**B **文章编号:**2096-9686(2022)04-0099-05

Deviation prevention and control for deep holes in sandstone-type uranium mines in Yili Basin

XIAO Changcheng

(Nuclear Industry 216 Brigade, Urumqi Xinjiang 830011, China)

Abstract: In recent years, drilling depth in the sandstone-type uranium mine in Xinjiang Yili Basin is mostly between 600m and 1000m with measured average bottom hole deviation about 28m, and borehole deviation control is the main technical problem affecting the quality of drilling holes in the Yili mining area. Exploration drilling is mostly done by conventional core drilling in Yili Basin, where borehole expansion caused by complex formations is common. Low rigidity of the drill pipes and the large swinging bending range of the drill pipe due to its rotation in the hole are the main factors that cause the difficulty in controlling deep hole deviation in the sandstone-type uranium mine in Yili Basin. Large deviation in medium and deep holes affects the quality of geological results and drilling economic benefits. With proper design of the centralizer suitable for the complex formation in Yili Basin, and optimization of the drilling string combination, the average deviation in the deep holes drilled in sandstone-type uranium mines in the Yili Basin test area has been greatly reduced. The deviation prevention and control measures can provide some reference for similar drilling works.

Key words: medium-deep hole; hole deviation; centralizer; drill collar; deviation distance

1 勘查区地质概述

新疆伊犁盆地铀矿勘查区隶属于新疆维吾尔自治区伊犁哈萨克自治州察布查尔锡伯自治县,工作区总面积约600 km²。钻探工作区位于察布查尔山北坡缓倾斜的山前斜坡带上,地势总体南高北低。南部为丘陵区北部为冲积平原,地势切割较强

烈,地形坡度2.5°~5°。沟谷附近地形稍复杂,地形坡度可达23°。伊犁盆地南缘是伊宁凹陷内构造相对稳定区,中新生代地层在每个断阶上总体呈向北缓倾的单斜构造,地层发育较齐全。东、西段后期构造活动,尤其是新构造运动强度有明显差异,西部构造活动较弱,为向北缓倾的单斜构造;东部构

收稿日期:2021-07-01;修回日期:2021-09-17 DOI:10.12143/j.ztgc.2022.04.015

作者简介:肖长城,男,汉族,1983年生,工程师,探矿工程专业,从事探矿工程及相关技术工作,新疆乌鲁木齐市北京南路467号,xiao_198391@163.com。

引用格式:肖长城.伊犁盆地砂岩型铀矿孔斜防控实践分析[J].钻探工程,2022,49(4):99-103.

XIAO Changcheng. Deviation prevention and control for deep holes in sandstone-type uranium mines in Yili Basin[J]. Drilling Engineering, 2022,49(4):99-103.

造活动强烈,由一系列排列紧密的背、向斜组成,断裂发育,局部中新界在山前倒转产出。根据地质资料和以往钻孔揭露,区内主要分布地层为第四系、第三系、白垩系、侏罗系、三叠系等。区内复杂地层占比大,地层软硬交替频繁,带倾角,不均匀,破碎,遇水膨胀与剥落坍塌、涌水与漏孔等现象并存,钻探施工难度大。新近系、三叠系破碎泥岩地层水敏、坍塌以及白垩系风化层段孔壁掉块坍塌导致的钻孔扩径现象普遍^[1]。典型的钻孔结构见图1、图2。

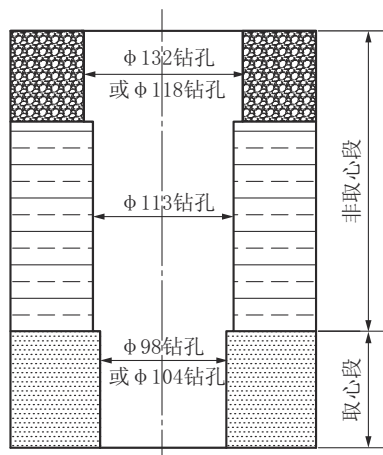


图1 除第四系外全孔取心普通地质孔结构

Fig.1 Conventional core drilling structure for the full hole (below overburden)

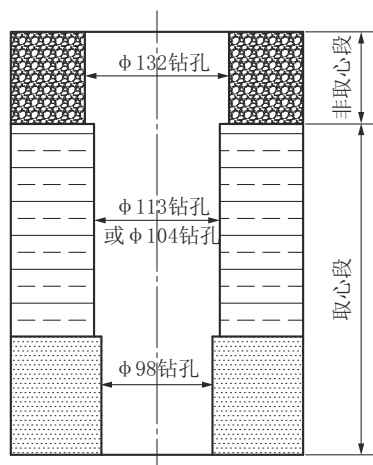


图2 目的层取心普通地质孔结构

Fig.2 Conventional core drilling structure for the target formation

2 伊犁片区普通取心钻进孔斜控制现状

2.1 典型中深孔孔斜控制情况

2018年,核工业二一六大队钻探工程院在伊犁

南缘中西段、洪海沟地区开展中深孔钻探施工研究,勘查中深部三叠系小泉沟群。该项目施工的ZK7057号钻孔,终孔孔深1100.86 m,为历年来在伊犁盆地铀矿勘查工作中施工的最深孔,该孔终孔顶角 28.65° ,偏斜距176.99 m,孔斜超标。

2019年,核工业二一六大队钻探工程院在伊犁南缘中西段地区继续开展中深孔施工科研工作。该项目施工的445353钻孔终孔孔深1047.88 m,孔斜顶角 28.10° ,孔斜超标。

2.2 2019年钻孔孔斜技术指标

2019年共施工钻孔87个,累计工作量55676.16 m,平均孔深639.68 m,孔斜数据汇总见表1。

表1 2019年伊犁片区钻孔孔斜数据汇总
Table 1 Borehole deviation data of the Yili drilling area for Year 2019

项目名称	施工钻孔/个	平均孔深/m	平均偏斜距/m	孔斜超标降级孔/个
伊犁洪海沟	22	699.83	23.27	0
伊犁蒙其古尔 P57-L0	17	734.03	35.07	0
伊犁中西段	22	488.18	27.29	1
伊犁阔斯加尔	17	610.04	19.01	0
伊犁北部调查测井	9	743.41	44.18	1
总计/平均	87	639.96	27.92	2

2019年伊犁片区钻孔孔斜平均偏斜距较大,各子项目平均偏斜距差距较大,因偏斜距超标导致的降级孔有2个,对地质成果质量和钻探经济效益影响较大。

2.3 影响中深孔孔斜防控技术分析

伊犁片区普通取心钻进软岩中深孔导致孔斜的因素有操作因素、地层因素、钻具组合和钻进工艺因素等。其中地层复杂,普通取心钻进钻杆刚度低,在孔内转动时甩动幅度大,是导致中深孔孔斜控制困难的主要影响因素^[2-4]。

根据伊犁片区历年测井资料统计,水敏、破碎、坍塌等易扩径孔段的成孔直径比钻头直径平均大约10%。其它孔段扩径、缩径现象并存,但幅度皆较小,孔径比钻头直径超差在 $\pm 2\%$ 左右。因区内复杂地层占比较大,超径与缩径现象并存,如使用直径较小的钻头,形成较小的环状空间,则孔内泵压不稳,影响岩心采取率和孔内钻进安全。区内非目的

层钻进段使用 $\text{O}113\text{ mm}$ 及以上直径的钻头居多,下部目的层孔段在孔内占比较小,占 $5\%\sim 10\%$,多采用 $\text{O}98\text{ mm}$ 双套钻头,钻孔成孔的环状空间较大。据孔径和孔斜测井数据对比分析得出,超径幅度在 10% 左右的孔段的孔斜增长率是非超径孔段的 $1\sim 2$ 倍,孔内环状空间越大导致的钻杆甩动幅度就越大,对孔斜的影响就越大。

3 2020年伊犁片区孔斜防控技术改进措施

核工业二一六大队在伊犁片区开展过绳索取心钻探技术的研究,孔斜控制较好,但伊犁片区全孔取心钻孔数量很少,使用绳索取心钻进目的层取心钻孔经济性差,未在该片区普及使用。近年来在伊犁片区开展的孔斜防控改进技术研究主要针对普通取心钻进工艺。2020年针对普通取心钻进钻杆刚度低、在孔内转动时甩动弯曲幅度大而导致孔斜的问题,进行了技术改进。

3.1 扶正器

扶正器(见图3)设计规格为:直径 102 mm 、长度 400 mm ,对应使用的钻头直径为 113 、 104 、 98 mm 。扶正器长度、直径选用要适用于伊犁片区复杂地层^[5],防止孔内坍塌、卡钻等复杂情况发生时增加处理难度^[6-7],保证孔内安全。扶正器表面开直槽以利泥浆上返,直槽边上镶硬质合金提高耐磨性。



图3 现场使用的扶正器

Fig.3 Centralizer used for drilling

针对普通取心钻进钻杆刚度小、成孔环状空间大、孔内超径^[8]现象普遍等对控制孔斜不利的因素,使用扶正器能达到满眼钻进的效果,减少钻杆弯曲对孔斜的影响。可提高孔内钻杆、钻具转动时的稳定性、垂直度,保直防斜。

3.2 钻具组合

扶正器主要在取心段使用,施工现场对扶正器的使用位置做了多组对比使用效果验证,通过现场试验优选最佳扶正器安放位置及相应的钻具组合。

3.2.1 非目的层钻具组合及扶正器安放位置

优化钻具组合^[9]: $\text{O}104\text{ mm}/\text{O}113\text{ mm}$ 复合片单管取心钻头+ $\text{O}89\text{ mm}$ 岩心管(长 6 m 左右)+ $\text{O}83\text{ mm}$ 钻铤单根(长 4.75 m)+ $\text{O}102\text{ mm}$ 扶正器+ $\text{O}83\text{ mm}$ 钻铤+ $\text{O}68\text{ mm}$ 钻铤+ $\text{O}60\text{ mm}$ 钻杆+主动钻杆。

3.2.2 目的层钻具组合及扶正器安放位置

优化钻具组合: $\text{O}98\text{ mm}$ 复合片钻头+单动双管钻具(长 4.5 m 左右)+ $\text{O}83\text{ mm}$ 钻铤单根(长 4.75 m)+ $\text{O}102\text{ mm}$ 扶正器+ $\text{O}83\text{ mm}$ 钻铤+ $\text{O}68\text{ mm}$ 钻铤+ $\text{O}60\text{ mm}$ 钻杆+主动钻杆。

伊犁片区松散砂岩矿层目的层段使用单动双管钻具、 $\text{O}98\text{ mm}$ 复合片钻头取心钻进,因地层极松散,受钻杆、钻头摆动影响,实际成孔孔径会略大于钻头直径,因此 $\text{O}98\text{ mm}$ 复合片钻头搭配使用 $\text{O}102\text{ mm}$ 扶正器符合需求,实际使用效果较好。

3.3 钻进参数

钻进参数的选择要在保证孔内钻进安全、高效的前提下,根据不同地层选择有利于孔斜控制的钻压、转速、泵量,以取得良好的孔斜控制效果^[10-11]。软硬交替地层、含砾松散砂岩地层、倾斜地层使用推荐钻压的下限值^[12-14]。钻进参数选择见表2。

表2 钻进参数选择

Table 2 Drilling parameters

钻进参数	单管取心	双管取心
压力 P/kN	5~8	3~8
转速 $N/(\text{r}\cdot\text{min}^{-1})$	166~261	166~261
冲洗液量 $Q/(\text{L}\cdot\text{min}^{-1})$	60~120	35~106

3.4 孔斜防控技术改进原理分析

$\text{O}102\text{ mm}$ 扶正器连接在 $\text{O}83\text{ mm}$ 钻铤单根上部,可与下部直径较粗的取心钻具、钻头在孔内孔壁上形成稳定的两个满眼支撑点,有效减少两点之间钻具的甩动弯曲幅度。 $\text{O}83\text{ mm}$ 钻铤质量大、刚度高,可减压钻进,有效减少孔底使用 $\text{O}83\text{ mm}$ 钻铤段钻具转动时甩动弯曲的幅度,对孔斜有很好的控制校正作用。

4 2020年试验项目实施及工程量完成情况

4.1 设备配置

试验区内施工的钻孔以普通地质孔为主,设计孔深在500~900 m。根据钻孔情况配置使用XY-5和XY-6N型立轴式钻机、A字形18 m钻塔、NBB250、NBB-260型泥浆泵等进行施工。

4.2 试验区选择

扶正器外径较粗,在软岩复杂地层使用会增加孔内风险,试验区应选在地层较稳定的片区。蒙其古尔P57-L0、阔斯加尔、梧桐沟片区上覆第四系地层厚度薄、稳定,下部破碎地层少,扶正器及钻具优化组合孔斜防控现场试验主要在以上3个片区实施。

4.3 工程量完成情况

2020年伊犁铀矿勘查项目共施工了4个子项

目:伊犁洪海沟北部项目、库-乌调查项目、蒙其古尔P57-L0项目、阔斯加尔项目,共施工钻孔67个,累计完成工作量42300.58 m,平均孔深631.35 m。

伊犁梧桐沟项目完成市场煤炭孔2个。

5 防斜试验效果

5.1 蒙其古尔P57-L0、阔斯加尔片区孔斜防控效果对比分析

2020年在蒙其古尔P57-L0、阔斯加尔片区使用扶正器共施工钻孔32个,其中800 m以深钻孔1个,700~800 m深钻孔9个,600~700 m深钻孔16个,500~600 m深钻孔6个,完成工作量20963.88 m。蒙其古尔P57-L0、阔斯加尔片区孔斜防控技术改进试验项目效果评价对比分析见表3。

表3 蒙其古尔P57-L0、阔斯加尔片区2019年、2020年孔斜指标对比

Table 3 Comparison of borehole deviation between the Mengqiguer and Kuosijaer drilling areas for Year 2019 and 2020

项目名称	施工年份	施工钻孔数/个	平均偏斜距/m	偏斜距10 m以内钻孔数/个	偏斜距10~20 m钻孔数/个	偏斜距20~30 m钻孔数/个	偏斜距30~40 m钻孔数/个	偏斜距40 m以上钻孔数/个
蒙其古尔	2019	17	35.07	2	6	2	4	3
	2020	14	16.79	6	4	2	1	1
阔斯加尔	2019	17	19.01	6	5	4	1	1
	2020	18	16.36	3	9	6	0	0

蒙其古尔片区孔斜达标率为100%,平均偏斜距由2019年的35.07 m下降至16.79 m,降幅52.12%。阔斯加尔片区孔斜达标率为100%,平均偏斜距由2019年的19.01 m下降至16.36 m,降幅13.94%。两个片区的钻孔平均偏斜距下降幅度明显,扶正器及钻具优化组合的孔斜防控技术应用效果良好。

5.2 伊犁梧桐沟项目孔斜防控效果对比分析

梧桐沟煤田市场项目处于山边沟谷中,地势起伏大,地层有倾角,软硬地层交替频繁,孔斜控制较为困难^[15]。使用扶正器及钻具优化组合技术施工完成的100-4号孔,设计为2°斜孔,终孔偏斜距72.48 m,达到了甲方的质量要求标准。未使用扶正器及钻具优化组合技术施工的直孔98-4号孔,终孔孔深912.03 m,孔斜偏斜距352.62 m,未达到甲方质量要求标准。钻孔技术指标见表4。

5.3 2020年伊犁片区孔斜防控效果对比分析

2020年伊犁片区孔斜数据汇总分析见表5。参与试验项目的伊犁蒙其古尔P57-L0、阔斯加尔地区钻孔平均偏斜距为未参与试验项目的伊犁库-乌调

表4 100-4、98-4号孔钻孔孔斜技术指标

Table 4 Deviation data of borehole 100-4 and 98-4

孔号	孔深/m	终孔顶角/(°)	偏斜距/m	备注
100-4	902.35	12.01	72.48	2°斜孔,孔斜合格
98-4	910.00	22.80	352.62	孔斜超标

查、洪海沟北部地区钻孔平均偏斜距的60.76%。伊犁库-乌调查地区有一个钻孔孔斜超标,阔斯加尔、蒙其古尔P57-L0地区无孔斜超标钻孔。

6 结语

2020年伊犁片区针对钻孔内钻杆与井壁间环状空间大导致的钻杆甩动弯曲这一影响孔斜控制的主要因素,采取使用扶正器、优化钻具组合等技术改进措施,现场试验验证能大幅降低中深孔钻孔的平均偏斜距,具有较高的推广应用价值和前景。

2021年计划继续完善孔斜防控技术项目实施方案,重点加强对扶正器的设计及使用进行改进,采

表5 2020年伊犁片区孔斜数据汇总分析
Table 5 Borehole deviation data of the Yili drilling area for Year 2020

项目名称	是否参与试验项目	钻孔数/个	平均孔深/m	平均偏斜距/m	孔斜超标降级/个
伊犁洪海沟北部	否	16	746.66	27.22	1
伊犁库-乌调查		19	494.21		
伊犁阔斯加尔	是	18	643.92	16.54	0
伊犁蒙古尔P57-L0		14	669.51		

取多点扶正、分级扶正的技术方案,继续提高扶正器的使用效果。

参考文献(References):

- [1] 肖长城,贾中芳,高士彬,等.新和地1井复杂地层水泥封孔护壁造斜技术[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2019,46(2):50-54. XIAO Changcheng, JIA Zhongfang, GAO Shibin, et al. Cement plugging and side tracking in complex formation at well Xinhedi1[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2019,46(2):50-54.
- [2] 焦聚博,侯红,孙凯.煤矿井下保直钻进技术现状及展望[J].钻探工程,2021,48(7):14-19. JIAO Jubo, HOU Hong, SUN Kai. State and prospect of underground straight drilling technology in coal mines[J]. Drilling Engineering, 2021,48(7):14-19.
- [3] 肖长城,贾中芳.新疆塔里木盆地西南坳陷云地1井钻探施工技术[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2017,44(9):38-43. XIAO Changcheng, JIA Zhongfang. Drilling construction technology of Yundi Well-1 in southwest depression of Tarim Basin [J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2017,44(9):38-43.
- [4] 柴麟,张凯.小直径垂直钻工具推力执行机构性能测试[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2020,47(4):87-93. CHAI Lin, ZHANG Kai. Performance test of the pushing actuator of the small diameter vertical drilling tool[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2020,47(4):87-93.
- [5] 刘炳志,王英.康家湾铅锌矿区ZK1122号孔裸孔钻探技术[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2011,38(9):42-45. LIU Bingzhi, WANG Ying. Drilling technology in ZK1122 open hole of Kangjiawan Lead-Zinc mining area[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2011,38(9):42-45.
- [6] 冯树攀,张彦明.水包油钻井液在梨深1井欠平衡段的应用[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2009,36(10):18-20. MA Shupan, ZHANG Yanming. Application of oil-in-water drilling fluid in unbalanced drilling section of well Lishen 1[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling),

- 2009,36(10):18-20.
- [7] 邓鹏,黄明勇,方青,等.贵州省旦坪铝土矿钻探施工工艺[J].钻探工程,2021,48(3):78-85. DENG Peng, HUANG Mingyong, FANG Qing, et al. Exploration drilling technology for the Danping bauxite mine in Guizhou province[J]. Drilling Engineering, 2021,48(3):78-85.
- [8] 何远东,高波.绳索取心钢球偏斜技术原理及应用[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2010,37(4):37-39. HE Yuandong, GAO Bo. Principle of deflection technology of wire-line coring with steel ball and the application[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2010,37(4):37-39.
- [9] 丁同领,高嵩.武汉-1超深地热井钻井成井工艺[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2012,39(8):23-25. DING Tongling, GAO He. Drilling and completion technology for WH-1 ultra-deep geothermal well[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2012,39(8):23-25.
- [10] 苏舟,张绍和,王文彬,等.黔水地1井钻探施工技术难点及对策[J].钻探工程,2021,48(5):54-59. SU Zhou, ZHANG Shaohu, WANG Wenbin, et al. Technical difficulties in drilling of Well Qianshuidi-1 and their solutions [J]. Drilling Engineering, 2021,48(5):54-59.
- [11] 刘晓阳.孕镶金刚石-针状合金复合式取心钻头的应用研究[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2009,36(S1):377-381. LIU Xiaoyang. Applied research on coring bits with impregnated diamond and carbide bar[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2009,36(S1):377-381.
- [12] 张继光,贾学强,苏陈,等.旋挖钻机在特殊工况中的减压钻进研究[J].钻探工程,2021,48(6):109-112. ZHANG Jiguang, JIA Xueqiang, SU Chen, et al. Rotary drilling with reduced WOB under special working conditions[J]. Drilling Engineering, 2021,48(6):109-112.
- [13] 陈保忠.甲魁煤田绳索取心液动锤钻钻进施工技术[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2011,38(12):25-26. CHEN Baozhong. Construction technology of wire-line coring hydro-hammer drilling in Jiakui Coalfield[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2011,38(12):25-26.
- [14] 鲜保安,夏柏如,张义,等.应用U型井开采倾斜构造煤层气的钻采技术研究[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2010,37(8):1-4,9. XIAN Baoan, XIA Boru, ZHANG Yi, et al. Study on drilling and extraction technologies for high steep structure coalbed methane with U-shape slant well[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2010,37(8):1-4,9.
- [15] 王宗友,乔生贵,陈刚,等.大雪山煤矿有线随钻定向钻进技术应用[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2018,45(1):4-8. WANG Zongyou, QIAO Shenggui, CHEN Gang, et al. Application of cabled directional drilling technology in Daxueshan Coal Mine[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2018,45(1):4-8.

(编辑 荐华)