

钾盐矿床钻探工艺技术

宫述林, 赵光贞, 栾元滇, 刘玉仙, 谈冀峥

(山东省地矿工程勘察院, 山东 济南 250014)

摘要:钾盐是生产钾肥的主要原料,是我国的急缺矿种,是所有矿产资源中对外依存度比例最高的资源。由于钾石盐矿埋藏深度变化大(10~2000 m)和可溶性、吸水性、裂隙发育等特点,需要特殊的钻探工艺技术。结合国内外钾盐钻探施工经验和特点,对钾盐矿岩心钻探设备机具、钻探工艺、冲洗液等方面进行了研究。

关键词:钾盐;钻孔结构;钻探工艺;止水;冲洗液;基础油

中图分类号:P635.5 **文献标识码:**A **文章编号:**1672-7428(2011)07-0025-04

Drilling Technology in Potassium Deposit/GONG Shu-lin, ZHAO Guang-zhen, LUAN Yuan-dian, LIU Yu-xian, TAN Ji-zheng (Shandong Provincial Geo-mineral Engineering Exploration Institute, Jinan Shandong 250014, China)

Abstract: Potassium salt is the main raw material for producing potassium fertilizer, and it is a shortage mineral in China with the highest import dependency. Because of its buried depths (10~2000 m), solubility, water absorption and fracture development, special drilling technology is required. According to the drilling construction experience and characteristics of potassium salt both in China and abroad, the study was made on core drilling machinery and equipment, drilling technology and flush fluid.

Key words: potassium salt; borehole structure; drilling technology; water stoppage; flush fluid; base oil

钾盐是盐类矿床的一种,主要有碎屑岩系型和盐湖型钾盐矿床,具有可溶性、吸水性、溶解度变化大、可塑性大的特点。矿层上部都覆盖较厚的第四系和含水岩层,裂隙发育,易造成涌水和漏水。其可溶性和可塑性易造成岩心溶蚀和钻孔缩径,钾盐矿层有的还产生构造可燃气体。由于钾盐矿床的特殊性,钻探施工过程会遇到很多特殊问题。为解决钾盐矿床的钻探工艺问题,结合国内外的钻探生产试验,对钾盐矿床钻探工艺技术进行了研究。

1 钾石盐矿的矿物组成及钻遇地层特点

1.1 钾石盐矿的成因

钾盐矿是可溶性岩类矿床的一种,属于沉积矿床,物质来源于高浓度海水,由经过蒸发沉淀分离的富含氯化物的高浓度海水运移至此,进一步蒸发沉积而成。

1.2 钾盐矿床的矿物组成

钾盐矿床是由钾石盐和光卤石组成的。

(1) 钾石盐(sylvite)

矿物成分为 KCl,含量在 99.8% 以上,其它为杂质。纯净的钾石盐无色透明或白色,含杂质时可染成红、橘红、黄、蓝等色。易溶于水,味涩辣。

(2) 光卤石(carnallite)

矿石中矿物和微量的杂质混合于一起,矿物成分为 $KCl \cdot MgCl_2 \cdot H_2O$,矿物含量 KCl 占 26.9%, $MgCl_2$ 占 34.1%, H_2O 占 38.8%,其它为杂质。可呈现浅黄、粉紫等颜色。在空气中极易潮解,味咸苦涩(见图 1、2)。



图 1 各种颜色光卤石岩心样



图 2 橘红色光卤石岩心样

收稿日期:2011-01-20;修回日期:2011-06-30

作者简介:宫述林(1963-),男(汉族),山东高密人,山东省地矿工程勘察院高级工程师,地质专业,从事地质勘查工作,山东省济南市经十路 13632 号, dadi365@163.com;赵光贞(1961-),男(汉族),山东寿光人,山东省地矿工程勘察院副总工程师、研究员,钻探工程专业,从事探矿工程工作, zhaogz801@126.com。

1.3 钻遇钾盐地层的特点

(1)可溶性:钾盐的溶解速度受矿石品位、化学成分、结构构造、温度、压力、溶液浓度等因素的影响,如图3所示。

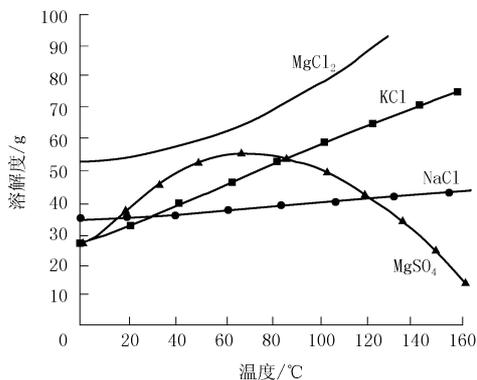


图3 KCl等物质的溶解度曲线

(2)吸水性:易吸收空气中的水分而潮解。

(3)硬度:钾盐的硬度为1~2级,硬度低,并具有一定的韧性。

(4)可钻性:钾盐的可钻性为1~2级,可钻性好。

(5)研磨性:钾盐属低研磨性。

(6)裂隙发育:由于构造作用和沉积环境的不同,裂隙发育,易造成涌水和漏水,钾盐矿层有的还产生构造可燃气体。

(7)地层变化大:由于沉积条件和盐类溶解度的不同,易造成石膏、石盐、钾盐、镁盐互层。

2 钻探设备、钻具的选择

2.1 钻探设备的选择

钻探设备的选择主要依据第四系的厚度、孔深、钻孔结构、钻进工艺方法等。钾盐矿床的埋藏深度一般在10~2000 m,大多钾盐矿床的埋藏深度200~1500 m,依据钻探深度和《盐湖和盐类矿产地质勘查规范》(DZ/T 0212-2002)矿层口径 ≥ 91 mm、终孔口径 ≥ 75 mm的要求,选择主要钻探设备:

(1)200~600 m深钻孔:钻机XY-4、YDX-3型,泥浆泵BW-250型;

(2)600~1000 m深钻孔:钻机XY-5、YDX-4型,泥浆泵BW-320型;

(3)1000~1500 m深钻孔:钻机XY-6、YDX-5型,泥浆泵BW-320型。

2.2 钻具的选择

2.2.1 第四系孔段

(1) $\Phi 127$ mm/ $\Phi 89$ mm双动双管取心钻具、

$\Phi 146$ mm单管钻具。

(2)钻头:复合片钻头 $\Phi 134$ mm/ $\Phi 91$ mm、 $\Phi 152$ mm;扩孔钻头 $\Phi 152$ mm/ $\Phi 171$ mm铣齿牙轮钻头。

2.2.2 岩层和矿层段

钻具的选择主要依据第四系、岩层和矿层段的取心要求和取心工艺方法等。

(1)钻具:S95绳索取心钻具与S75绳索取心钻具。

(2)钻头:岩层选用S95+2.5 mm孕镶人造金刚石钻头,钻头底唇面“W”型,胎体硬度HRC25~30。矿层选用S95+2.5 mm表镶人造金刚石钻头,钻头底唇面“圆弧”型,胎体硬度HRC20;S95+2.5 mm复合片绳索取心钻头。

3 钻孔结构设计

钾盐相对于其他岩心钻探有以下特点:开、终孔直径大,岩、矿层变化多,钻孔口径多,采用多层套管。以“四级口径、三级套管”和“三级口径、二级套管”为钻孔结构模型(见图4、图5)。

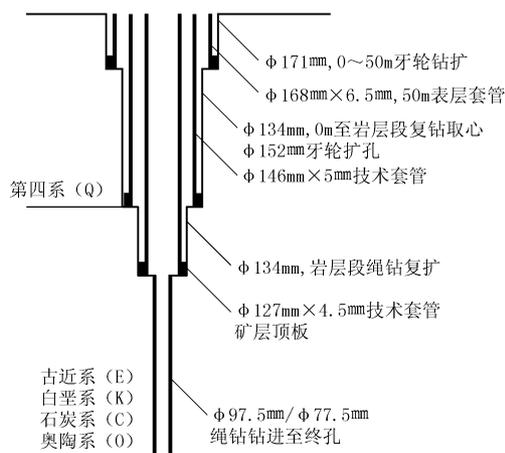


图4 “四级口径、三级套管”钻孔结构模型

4 钻探冲洗液

冲洗液的选择主要依据钻遇地层条件、钻进工艺方法、取心技术等确定。

4.1 第四系孔段钻进用冲洗液

配方:水+膨润土5%+CMC 0.4%+Na₂CO₃ 0.3%。其性能为:漏斗粘度23~25 s,密度1.05~1.10 g/cm³,失水量<15 mL/30 min,泥皮厚度<1 mm,含砂量<4%,pH值8~9。

4.2 岩层段钻进用冲洗液

配方:水+MV-CMC 1%+PAC141 1.5%+

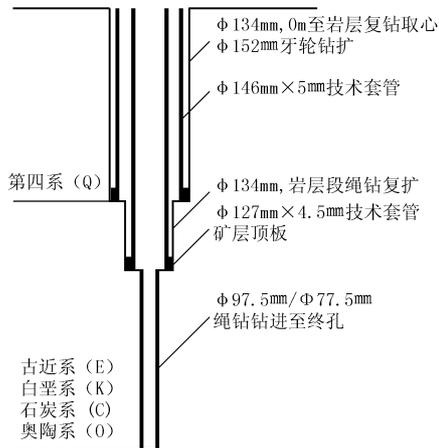


图5 “三级口径、二级套管”钻孔结构模型

KHm 1% + NaOH 0.2% + CaCl₂ 2%。其性能为:粘度 19 ~ 21 s, 密度 1.05 g/cm³, 失水量 < 15 mL/30 min, 含砂量 < 2%, pH 值 ≥ 9。

4.3 矿层段钻进用冲洗液

钾盐钻探除合理的钻孔设计、护壁技术、钻进方法以外,其最关键的是矿层段钻进用冲洗液,直接关系到矿心的采取率和质量,其冲洗液主要有三大类,惰性冲洗液、甘油 + 饱和冲洗液、惰性体 + 乳化剂 + 处理剂冲洗液。其冲洗液配比与性能分述如下。

4.3.1 惰性冲洗液

柴油(密度 0.87 g/cm³)、煤油(密度 0.8 g/cm³),可有效的保护钾盐岩心不被溶蚀。其使用条件是钻孔技术套管完全封闭止水,并且地层不漏失;维护条件是:严禁水的掺入、充分净化、严禁火种。

4.3.2 甘油 + MgCl₂ 饱和冲洗液

配方:甘油 65% + 水 20% + MgCl₂ 14% + MV - CMC 1%。性能:粘度 21 ~ 23 s, 密度 1.05 ~ 1.10 g/cm³, pH 值 ≥ 8。应用于光卤石地层。

4.3.3 惰性体 + 乳化剂 + 处理剂冲洗液

配方:基础油 60% + 水 20% + KCl 10% + 乳化剂 5% (SPAN - 80 + OP - 10) + MV - CMC 0.5% + CaCl₂ 2% + CaCO₃ 2% + Na₂CO₃ 0.5%。

其性能为:粘度 35 ~ 45 s, 密度 1.10 ~ 1.15 g/cm³, 失水量 < 15 mL/30 min, 含砂量 < 2%, pH 值 ≥ 9。

适用于中深孔、裂隙发育漏失涌水地层。

5 钻进工艺

依据钾盐矿区的地质资料,钻进工艺是“小径取心、大径扩孔、泥浆护壁、多级套管封隔、油基冲洗液保护矿层取心”,其各孔段钻进工艺分述如下。

5.1 第四系 0 ~ 50 m 段

5.1.1 钻进方法

采用 Ø134 mm/Ø91 mm 复合片钻头双管钻具取心,用 Ø171 mm 铣齿牙轮钻头扩孔,钻遇稳定粘土层下 Ø168 mm 表层套管(丝扣用麻和油漆密封),套管底部用膨胀胶带止水,孔口用胶带封闭并固定。

5.1.2 钻进规程

钻压:5 ~ 7 kN, 转速 85 r/min, 泵量 230 ~ 320 L/min。

5.1.3 冲洗液

采用 4.1 (第四系孔段钻进用冲洗液) 泥浆护壁钻进。

5.2 第四系 50 m ~ 岩层顶板段

5.2.1 钻进方法

采用 Ø134 mm/Ø91 mm 复合片钻头双管钻具取心,用 Ø152 mm 铣齿牙轮钻头扩孔,钻遇稳定岩层下 Ø146 mm 技术套管(丝扣用麻和油漆密封),套管底部用水泥封固止水,水泥封固段长 ≥ 15 m。

5.2.2 钻进规程

钻压 7 ~ 10 kN, 转速 166 r/min, 泵量 230 ~ 320 L/min。

5.2.3 冲洗液

采用 4.1 第四系孔段钻进用冲洗液护壁钻进。

5.3 岩层顶板 ~ 矿层顶板段

5.3.1 钻进方法

采用 S97.5 绳索取心钻具,孕镶金刚石钻头取心钻进,钻遇矿层顶板后,采用 Ø134 mm/Ø91 mm 金刚石复合片 PDC 钻头扩孔,下入 Ø127 mm 技术套管(丝扣用麻和油漆密封),套管底部用水泥封固止水,水泥封固段长 ≥ 15 m。

5.3.2 钻进规程

S97.5 绳索取心钻进,钻压 12 ~ 15 kN, 转速 335 ~ 557 r/min, 泵量 118 L/min; 扩孔钻进,钻压 10 ~ 12 kN, 转速 166 ~ 261 r/min, 泵量 118 ~ 165 L/min。

5.3.3 冲洗液

采用 4.2 岩层段钻进用冲洗液护壁钻进。

5.4 矿层顶板 ~ 终孔段

5.4.1 钻进方法

采用 S97.5 绳索取心钻具,复合片或表镶人造金刚石绳索取心钻头钻进。

5.4.2 钻进规程

钻压 10 ~ 12 kN, 转速 166 ~ 261 r/min, 泵量 118 L/min。

5.4.3 冲洗液

优先采用4.3.3(惰性体+乳化剂+处理剂冲洗液)矿层岩心保护冲洗液,根据地层、钾盐矿层的埋深、水文地质情况也可采用4.3.1和4.3.2所列冲洗液。

6 钻探质量控制

6.1 矿心保护与整理

(1)钻进矿层、顶底板孔段回次进尺 ≥ 3 m,矿层孔段回次进尺 ≥ 2.5 m。

(2)钻探采取的矿心,采用甘油液浸泡后密封保存,保护矿心的完整性和纯洁性,确保矿心不溶蚀不污染。

6.2 钻孔的封闭与检验

(1)封孔原材料采用32.5号以上普通硅酸盐水泥或抗硫酸盐水泥。要求水灰比为0.5~0.7,水泥浆密度达到 $1.85 \sim 1.90 \text{ g/cm}^3$,全孔水泥封闭。

(2)矿层、矿层以下、矿层顶板以上20 m均采用饱和NaCl水泥浆封孔,其余孔段采用水泥浆封孔。

(3)钻孔封孔时间15天后,必须抽取钻孔进行封孔效果验证。以确保钻孔封堵水质量,保证钾盐采矿安全。

7 主要技术措施

7.1 应用压力平衡技术钻进

在第四系松散不稳定地层和矿层可塑性地层应采用压力平衡技术钻进方法:

(1)在钻探过程中,应保持孔内冲洗液液柱的静压力,提钻或漏失时应及时回灌冲洗液,以维持孔内压力平衡,防止孔壁失稳;

(2)提、下钻时要稳、慢,以防动压力(波动压力)造成孔壁失稳。

5 结论

(1)随着岩屑浓度和岩屑粒径的增大,发泡剂的发泡性能和半衰期均降低。因此在实际钻进过程中,如果岩屑浓度和岩屑粒径较大时,要提高泡沫剂的添加比例,以保证携屑过程中泡沫量满足要求。

(2)灰岩地层对泡沫剂性能的影响较大,因此在钻进灰岩地层时,要适当增加泡沫剂的添加比例。

(3)泡沫半衰期受岩屑影响较大,在实际生产

7.2 钾盐矿层钻遇可燃气体喷溢处理

(1)控制冲洗液密度,采用密度 $1.2 \sim 1.3 \text{ g/cm}^3$ 泥浆循环压井;

(2)采用水灰0.6的水泥浆封闭钻孔;

(3)在油气区钻探时,安装防井喷装置。

8 结语

钾盐矿床,深度变化很大,从几十米到数千米,同时具有可溶性、地层变化大、裂隙发育的特点,要获得准确的钾盐勘探地质资料,应采取以下钻探施工工艺:

(1)根据钾盐矿区具体的地质条件,选择合理的钻探设备和机具;

(2)按照“四级口径、三级套管”或“三级口径、二级套管”钻孔结构基本模型设计合理的钻孔结构;

(3)根据钻遇地层特点采取不同的钻进工艺技术和相应的冲洗液;

(4)钾石盐矿层钻进取心,中、深孔及裂隙发育漏失涌水地层应采用“惰性体+乳化剂+处理剂冲洗液”,浅孔及稳定不漏失涌水地层,应采用“惰性冲洗液”和“甘油+ MgCl_2 饱和冲洗液”。

参考文献:

- [1] 张春波,等. 绳索取心金刚石钻进技术[M]. 北京:地质出版社,1985.
- [2] 屠厚泽,等. 钻探工程学(上、下)[M]. 湖北武汉:中国地质大学出版社,1987.
- [3] 叶玉屏. 带保护层新型金刚石复合片的研究[J]. 探矿工程,1992,(3).
- [4] 王清明,盐类矿床水溶开采[M]. 北京:化学工业出版社,2003.
- [5] 葛明军. 乳化柴油钻井液在石油欠平衡钻井中的应用[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2007,34(11):43-45.

(上接第24页)

应用中,应增加泡沫剂的使用量。

参考文献:

- [1] 刘家荣,王建华,王文斌,等. 气动潜孔锤钻进技术若干问题[J]. 探矿工程,2010,37(5):34-39.
- [2] 郑秀华,李国庆,王军,等. 可循环微泡沫及其应用[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2009,36(S1):255-259.
- [3] 赵晓俐,等. 一种新型泡沫剂的研制[J]. 西部探矿工程,2004,16(6):119-120.
- [4] 马成华. 一种高温泡排剂的实验室评价[J]. 精细石油化工进展,2007,8(12):37-39.
- [5] 许刘万,刘智荣,赵明杰,等. 多工艺空气钻进技术及其新发展[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2009,36(10):8-14.