

可溶性固体钾镁盐矿工程地质特征分析及 钻探技术探索

刘维鹏, 许青海, 白宝云

(青海省核工业地质局第一地质矿产勘查大队, 青海 西宁 810006)

摘要:老挝甘蒙省地区广泛分布钾镁盐矿床,其矿床属于可溶性固体钾镁盐矿类型,矿层主要分布在新生界古近系盐层中,矿物主要以钾石盐、光卤石为主。通过对此处可溶性固体钾盐工程地质特征的系统分析研究,探索出了一套适用于可溶性固体钾镁盐矿的钻探施工工艺,特别是对矿心采取和保护、漏失预防及治理,以及最终的封孔工艺进行了深入的研究。

关键词:可溶性固体钾镁盐矿;钻探工艺;光卤石;钾石盐

中图分类号:P634.5 文献标识码:A 文章编号:1672-7428(2012)08-0011-04

Analysis on Engineering Geological Characteristics of Soluble Solid K - Mg Salt Deposit and Drilling Technology Exploration/LIU Wei-peng, XU Qing-hai, BAI Bao-yun (No. 1 Geology and Mines Investigation Brigade of Qinghai Geology Survey of Nuclear Industry, Xining Qinghai 810016, China)

Abstract: K - Mg salt deposit is widely distributed in Gammon Province of Laos, which belongs to soluble solid K - Mg salt deposit, the ore seams mainly spread in Cenozoic paleogene salt bed and mainly with sylvite and carnallite. By the systematic analysis on the engineering geological characteristics of soluble solid K - Mg salt, a set of drilling construction technology in soluble solid K - Mg salt deposit was probed out. The study on coring and core protection, leakage prevention and the control and borehole sealing technology was presented.

Key words: soluble solid K - Mg salt deposit; drilling technology; carnallite; sylvite

近年来,随着老挝人民民主共和国钾镁盐矿床的大力开发和利用,我队先后承接了老挝嘉西钾盐开发有限公司和老挝开元矿业有限公司在老挝甘蒙省一带的可溶性固体钾镁盐矿钻探施工项目。在钻探施工过程中,由于泥岩、石盐层、矿层(钾石盐、光卤石)的物理化学特征变化范围很大,在钻进工艺方面需要同时适应泥岩层和石盐层2种地层,这给钻探施工工作带来了很多新问题。为此,我们在对可溶性固体钾镁盐矿工程地质特征分析的基础上,在矿心采取和保护、漏失预防及治理以及封孔工艺方面进行了深入的研究,探索出了一套适用于该可溶性固体钾镁盐矿的钻探施工工艺。

1 钾镁盐矿地质条件及其工程地质特征分析

1.1 矿区地层

从钻探施工角度出发,矿区地层主要可以分为以下3大类:

(1)浅部泥岩为第四系松散无胶结,弱胶结泥岩,砂砾层,淤泥层。这一层主要由砂质粘土组成,

局部含有砂和砾石,砾石成分以石英和砂岩为主,粒径大小不一,一般在3~5mm,磨圆度较差,多为次棱角状,含量约70%。在砾石之间分布有泥、砂。其工程地质特征表现为松散,破碎,在冲洗液的冲刷作用下容易出现坍塌和掉块现象。

(2)泥岩层主要为红褐色泥岩、黄褐色泥岩、青灰色泥岩或棕褐色泥岩,主要由泥岩和砂质泥岩组成,有时夹有石膏层,块状构造或薄层状构造。硬度在3级左右,部分孔段达到5级左右。泥岩层在冲洗液的冲刷和浸泡后即变得松软,并具有可塑性,容易出现钻孔缩径现象。

(3)盐层分为3类,分别为石盐层、钾石盐层(矿层)、光卤石层(矿层)。其矿物组成主要为石盐(NaCl)、钾石盐(KCl)和光卤石($MgCl_2 \cdot KCl \cdot 6H_2O$)三种矿物。三者的含量在不同的地层变化较大。石盐层主要以石盐组成(含量占98%左右),矿层主要组成仍然以石盐为主,其它2种矿物含量大约占到40%左右。该3类地层有溶~易溶于水的物理特征,而且受钻孔中多种情况(钻孔深度、泥浆处理

收稿日期:2012-06-25;修回日期:2012-07-10

作者简介:刘维鹏(1973-),男(汉族),青海互助人,青海省核工业地质局第一地质矿产勘查大队副队长,探矿工程专业,从事矿产勘查和开发工作,青海省西宁市生物园区经三路38号,qh65203@163.com。

机的物化作用和钻具的机械作用等)的影响极易造成钻孔中温度的升高,从而导致各类盐层(尤其钾石盐与光卤石)溶解度的增加,这种情况对在该类盐层中的采取心工作带来了不利的影

响。矿层中主要成分为 NaCl、KCl 和 $MgCl_2$, 三者的总量达 80% 以上。矿石类型不同其矿物成分也表现为不同,其矿物成分分布如表 1 所示。

表 1 钾镁盐矿层成分

矿物名称	KCl/%	NaCl/%	$MgCl_2$ /%
钾石盐	5~40	70~80	1~4
光卤石	5~20	40~80	2~5

1.2 钾镁盐矿中 3 种主要盐类矿物的物理化学特性分析比较

钾盐矿区主要针对的是盐层和其中的钾石盐层和光卤石层。这 3 类矿物在物理化学特征上具有共同点同时也存在巨大的差异(具体见表 2 所示)。同时钾石盐与光卤石在随着温度的变化下表现出不同的差热曲线特征,其两类矿物的差热曲线特征如表 3 所示。

表 2 钾镁盐矿 3 类矿物成分的差异

矿物名称	共同点	差异点			
		外部感官特征	饱和 NaCl 中溶解性	吸湿性	味觉
石盐	易溶于水,且随温度的升高溶解度增加。	无色透明,表面光泽	不溶	弱	味咸
光卤石	都具有膨胀、失水、收缩和熔融等过程	表面呈似油脂状	强溶	强	苦辣味
钾石盐	的差热曲线特征		弱溶	弱	辣味

表 3 钾石盐和光卤石差热曲线特征

矿物名称	差热曲线特征
钾石盐	140 °C 微膨胀,781~790 °C 熔融并放出气体
光卤石	120 °C 以前无明显变化;120 °C 时表面脱水;125 °C 明显脱水,变为不透明;270 °C 收缩;820 °C 继续收缩

2 主要钻探技术设计

2.1 孔径结构及钻具级配设计

根据老挝钾盐矿地层的特征和采样要求(终孔孔径 < 91 mm,岩心样直径达到 70 mm 以上),以及在施工过程中孔内遇到的问题(漏失),结合沉积岩的钻探经验,钻孔以 $\varnothing 168$ mm 钻具开孔,孔径 180 mm,下入 $\varnothing 168$ mm 套管,下入深度主要封隔上部第四系植被层及砂砾石层,防止上部地层掉块和坍塌影响下部地层和矿层取心。下部采用 $\varnothing 110/89$ mm 单动双管钻具和 $\varnothing 110$ mm 单管钻具进行钻进,孔径为 120 mm。预留一级技术套管。

2.2 钻具及钻头设计

第四系覆盖层采用 $\varnothing 168$ mm 钻具,钻头采用四翼肋骨片式球齿形硬质合金钻头或加强性复合片钻头,外径为 180 mm。

泥岩段采用 $\varnothing 108$ mm 单管钻具进行钻进,钻头采用四翼阶梯式硬质合金钻头或 80° 单尖复合片钻头,钻头外径 120 mm。

石盐层和矿层采用三层单动双管钻具进行钻进,底喷阶梯式硬质合金钻头或底喷阶梯式复合片钻头,钻头外径 120 mm。

2.3 冲洗液体系设计

依据钾盐矿区地质特征,各类地层之间的工程地质特征存在巨大的差异,所以在钻探施工过程中需要对各类地层采取有针对性的泥浆体系。泥浆体系设计如表 4 所示。

表 4 钾镁盐矿泥浆体系设计

地层	采用泥浆体系	配方
覆盖层	高密度、高粘、细分散泥浆	膨润土 5% + 高粘纤维素 0.5% + 低粘纤维素 1%
泥岩	低失水量、低粘、半饱和盐水水泥浆	膨润土 2%~3% + 植物胶 1% + 水解聚丙烯酰胺 0.1% + 抗盐共聚物 0.2% + NaCl(半饱和)
石盐层	饱和盐水水泥浆	膨润土 2%~3% + 植物胶 1% + 水解聚丙烯酰胺 0.1% + 抗盐共聚物 0.2% + NaCl(饱和)
矿层	复合性饱和盐水水泥浆	膨润土 2%~3% + 植物胶 1% + 水解聚丙烯酰胺 0.1% + 抗盐共聚物 0.2% + NaCl(饱和) + $MgCl_2$

3 钾盐矿施工中主要钻探问题及解决方案

3.1 矿心采取及保护技术措施

可溶性钾镁盐矿床中矿物主要分为 2 大类,即钾石盐和光卤石。钾石盐的特性与石盐相近,其中钾盐矿物为 KCl 为主,含少量的 $MgCl_2$,因此在饱和 NaCl 盐水水泥浆中基本不溶解,而光卤石中除含 KCl 外,还含有高溶解的 $MgCl_2$,其含量达到 30% 左右且含量在各个钻孔中不同,因此在矿心采取时要依据矿心中不同矿物的含量对泥浆进行调整。根据我在现场施工的经验,具体矿心取心重点需要注意以下几个方面。

3.1.1 矿层钻进

钻至标志性层位(青灰色泥岩或石盐层变化层段)→加盐至饱和并循环→钻进标志层位(青灰色泥岩)1~2 m 后开始加 $MgCl_2$ 至饱和(理论饱和,表 4 中的第 4 种泥浆体系)→通过钻进矿层进一步确定 $MgCl_2$ 是否饱和(实际饱和)→钻进矿层。

3.1.2 对矿层位置准确判断

从3个方面的标志性层位判断是否进入矿层:

(1)青灰色泥岩作为主要标志层,见青灰色泥岩后钻进石膏层或一段石盐层后进入矿层;

(2)通过石盐的结晶性能以及和含杂质量的大小判断是否进入矿层,石盐层从粗颗粒盐变为细颗粒盐,石盐层中颜色变化及石膏夹层增多;

(3)从色、味等物理特征方面判断是否进入矿层。

3.1.3 泥浆调制及使用

(1)泥浆调制顺序:在原泥浆的基础上先加盐至饱和然后再加 $MgCl_2$ 饱和。

(2)盐的饱和比例:盐的加量每立方米泥浆加量在 300 kg 至饱和,同时结合盐层取出的岩心的溶蚀情况判断盐是否饱和。

(3) $MgCl_2$ 加量的合宜判断标准:

①加量标准以每立方米加入 300 kg $MgCl_2$ 为基准,对于泥浆量的计算必须要通过计算地表泥浆池的方量和孔内泥浆的方量的总和而得;

② $MgCl_2$ 加量是否达到饱和主要通过所采取岩心的溶蚀情况进行判断,不能保持岩心成柱状时(见图1)为不饱和,能保持岩心成柱状时(见图2)为饱和。

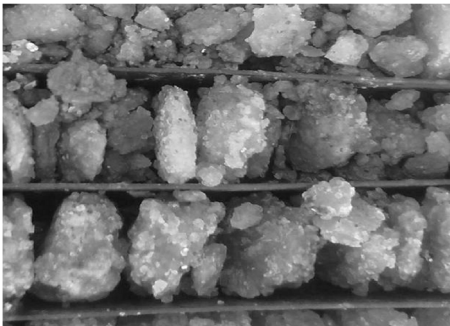


图1 矿心溶蚀度大,不能保持完整性



图2 矿心基本不溶解,保持岩心的原样性

$MgCl_2$ 加量是否达到饱和主要通过所采取岩心的溶蚀情况进行判断。不能保持岩心成柱状时(见图

1)为不饱和,能保持岩心成柱状时(见图2)为饱和。

(4)使用 $MgCl_2$ 泥浆时需对孔内泥浆进行完全循环且待泥浆冷却后才能正常进行钻进。

3.1.4 钻进参数和操作注意事项

为了确保矿心采取的质量,在矿层中选择低转速、偏低压力、中等泵量进行钻进,回次长度不宜过长,同时在操作上需要注意以下几个方面。

(1)进入青灰色泥岩后,在对于矿层无法确认时回次进尺可采用“3—6—9 钻进法”(即先钻进 300 mm,再钻进 600 mm,确认后可钻进 900 mm 以上)进行确认,并且判断冲洗液中盐的加量是否达到饱和。

(2)在矿层和顶底板钻进时回次进尺不宜超过 1.5 m。

(3)矿心必须采用单动双管钻具采取,内外管间隙不大于 3 mm,钻头内径与内管钻头内径之间的配合根据地层的情况进行调整。

(4)单动双管钻具在下钻前必须检查其单动性能是否运转灵活,内外管必须做必要的清洗,并检查内管水眼是否通畅。

(5)开钻前检查泥浆泵供水是否通畅,泵量是否足够。

3.2 漏孔预防及处理技术措施

钾镁盐矿床与其它盐类矿床有着同样的特性,因此在施工过程中钻孔漏失现象经常发生,通过分析漏失层的岩心及漏失特征,钾镁盐矿地层漏失主要分为泥岩层的裂隙性漏失、盐层中的孔隙性漏失,泥岩与石膏接触面间裂隙性漏失 3 大类。针对这 3 类漏失发生的机理分析后发现,这 3 类漏失产生的原因与地层中含盐类矿物有很大关系,所以预防和处理漏失从控制地层盐类矿物的可溶性入手,具体漏失的预防和处理方案如表 5 所示。

表5 钾镁盐矿漏失预防和治理方案

漏失类型	预防措施	处理方案
泥岩层裂隙性漏失	钻进泥岩段时采用饱和盐水泥浆	(1)提高泥浆粘度进行封堵渗漏;(2)PHP+惰性堵漏材料的混合液进行堵漏;(3)完全漏失且采用上述方法无效时采用套管完全封隔漏失层
盐层中的孔隙性漏失	采用抗盐类聚合物,提高泥浆粘度	(1)PHP+水泥+锯末等惰性材料进行堵漏;(2)水泥浆+砂等惰性材料进行堵漏
接触面裂隙性漏失	根据岩层变化规律,在钻进接触面前提前采用饱和盐水泥浆进行,同时采用抗盐类聚合物,提高泥浆粘度	(1)PHP+水泥+锯末等惰性材料进行堵漏;(2)水泥+砂等惰性材料进行堵漏

3.3 封孔及措施方案

可溶性钾盐矿作为盐类矿物的一种,其矿物特性是易溶于水,而且各种不同形式和深度的地下含水层埋藏于矿床中,因此封孔作为钻探工程六项质量指标中的一项,在可溶性钾盐矿这类矿床中显得尤为重要。由于可溶性固体钾镁盐矿的地层特征和钻探施工的特点,采用以往纯水泥浆液进行封孔时,水泥浆在盐类矿层的凝固过程中容易产生裂缝,且与盐层和泥岩不能很好地胶结到一起,并且普通硅酸盐水泥抗盐蚀能力极差,实际结果往往达不到有效封孔的目的。另外采用泥球进行回填钻孔时,往往会在孔内形成架桥,无法完全封闭孔径并不规则的钻孔腔体,也无法有效达到封隔和保护矿层的目的。所以研究和制定一套有效和可靠的封孔工艺在可溶性固体钾镁盐矿钻探工艺中也是重要的一个部分。我们在通过对钻进冲洗液和水泥的性能进行充分的分析和试验比对后,在钾镁盐矿的封孔工艺中摸索了一种简单而易操作的封孔方案。

3.3.1 封孔原理

储备一定量的在钻进过程中使用过的富含NaCl、MgCl₂(速凝剂)泥浆(饱和盐水泥浆)以作为主要的封孔材料,使用前在其中加入合适配比的水泥,搅拌均匀后通过钻杆柱泵入孔内,在水泥的凝固作用下,将泥浆中已有的固相含量(大约占45%左右)和水泥凝固,形成类似泥岩的凝固体,具有一定的抗盐性,且与原地层具有良好的胶结性,达到封隔地表水及地下水进入矿层的目的。

3.3.2 封孔材料

稠泥浆(含NaCl或MgCl₂),525高标号水泥。

3.3.3 封孔配方

稠泥浆 0.7 m³ + 水泥 250 ~ 300 kg。

3.3.4 封孔方法

首先确定封孔所需的方量,然后把钻杆下入钻孔底部,通过泥浆泵泵入水泥浆混合液,待至替换完全孔内泥浆后提钻,提完钻杆后继续从孔口泵入水泥浆混合液至孔口。

4 钻探效果

我队在老挝国甘蒙省一带进行钻探施工过程

中,通过采用以上钻探技术方案,取得了明显的技术效果,可以从以下几个方面进行说明:

(1)通过采用上述泥浆技术工艺后,全孔岩心的采取率达到85%以上,矿心采取率达到90%以上,并且保持了矿心的完整性(如图2所示)。

(2)采用针对性饱和盐水泥浆体系,尤其是在针对上部泥岩段和矿层段采用半饱和盐水泥浆体系,对预防钻孔漏失起到了极大的作用,上部泥岩段孔内漏失情况,由原来孔孔漏到后期基本不出现漏失。

(3)通过采用以上钻探技术方案,单机台月效率由原来不到500 m,达到了1200 m以上。

(4)在采用了以上封孔方案之后,通过钻探透孔验证以及后期的开采矿床的过程中可以看出,该封孔方案能够达到较为理想的封孔状态,封孔材料与泥岩层紧密胶结,没有存在缝隙的现象。

5 结语

钻探工程是钾镁盐矿床地质勘查工作中最主要的勘查手段之一。钾镁盐矿的地层物理化学特征变化范围广,矿层可溶性强,并且在构造运动影响下地层的工程地质条件复杂多变。因此在投资方对钾镁盐矿进行开采前,需要在钻探施工中通过钻孔设计、钻具及钻头的设计、冲洗液的配制及使用等措施来保证钻孔质量,特别是岩矿心的采取率及原状结构,以获得矿区的详细地质资料。同时为了保护钾镁盐矿床不因钻孔而遭到破坏,必须有一个安全可靠的封孔方案。

参考文献:

- [1] 张庆海,等.盐矿钻探技术与工艺[M].北京:地质出版社,1992.
- [2] 费连成,等.抗盐泥浆在罗布泊大陆环境科学钻探施工中的应用[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2005,32(S1).
- [3] 宋兆辉.复合盐饱和盐水钻井液在利97井中的应用[J].中外能源,2011,16(2).
- [4] 宫述林,赵光贞,栾元滇,等.钾盐矿床钻探工艺技术[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2011,38(7).
- [5] 张成亚,夏柏如.境外某钾镁盐矿钻井液试验与实践[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2007,34(12).