

无固相聚乙烯醇冲洗液在龟山铜金矿区的应用

王 迪

(安徽省地质矿产勘查局 321 地质队,安徽 铜陵 244033)

摘要: 龟山深部铜金矿区含超厚风化破碎带,钻进过程中发生严重坍塌,导致起下钻以及扫孔困难。为此,选用了无固相聚乙烯醇冲洗液增强防塌能力。聚乙烯醇加量越大,冲洗液粘度越高,稳定岩心不发生崩散的能力越强,但是降失水能力差。使用 FT-342 能够显著降低失水量,并且具有良好的润滑性。使用该冲洗液钻穿 ZK141 钻孔 714~834 m 段破碎的炭质页岩及煤层,解决了钻杆内壁结垢的问题,起到了良好的防塌效果。

关键词: 超厚风化层;聚乙烯醇冲洗液;防塌性;龟山铜金矿区

中图分类号: P634.6 **文献标识码:** B **文章编号:** 1672-7428(2018)09-0016-03

Application of Solid-free PVA Polymer Drilling Fluid in Guishan Copper-Gold Ore District/WANG Di (321 Geological Team, Bureau of Geology and Mineral Exploration of Anhui Province, Tongling Anhui 244033, China)

Abstract: The deep copper-gold deposit in GUI Shan contains super thick weathered and fractured zone, severe collapse was encountered during drilling, which led to the difficulties of pipe tripping and hole cleaning. Therefore, the solid-free polyvinyl alcohol drilling fluid was used to enhance the collapse prevention ability. The experiment indicated that the higher the amount of polyethylene, the higher the viscosity of the drilling fluid, and the stronger the ability of stabilizing the core without disintegration. However, there is no obvious water loss-control ability. The use of FT-342 can significantly reduce the water loss, and has good lubrication. This drilling fluid was used in drilling through the broken carbonaceous shale and coal seam during the section of 714~834m of ZK141 borehole, the scaling on the inner wall of drill pipe was solved with a good effect of preventing collapse.

Key words: super-thick weathering zone; PVA polymer drilling fluid; anti-collapse; Guishan copper-gold ore district

1 施工概况

安徽省铜陵市龟山深部铜金矿区是长江中下游成矿带内具有代表性和典型性的大型铜、金矿田^[1]。矿区内构造活动、岩浆作用及成矿作用复杂。矿区内主要地层包括:上部为灰岩,夹泥质页岩;中部为硅质岩夹硅质页岩,夹粉砂岩夹炭质页岩;底部以大理岩夹燧石夹砂卡岩为主,夹杂含铜金大理岩。本区域内地质构造及地层条件复杂,存在数层煤层及严重风化层。矿区围岩硅化、碳酸盐化蚀变较普遍。

ZK141 钻孔位于铜陵市狮子山区俞村境内,设计孔深 1250 m。开孔采用 $\varnothing 150$ mm 金刚石钻具钻进至 14.75 m,穿过浮土、碎石土见较完整新鲜基岩即下入 $\varnothing 146$ mm 套管,改用 $\varnothing 130$ mm 金刚石钻具钻进 16.7 m,下 $\varnothing 127$ mm 套管;换 $\varnothing 110$ mm 金刚石钻具钻进至 98.75 m 左右穿过风化层,即下 $\varnothing 108$ mm 套管;换 $\varnothing 95$ mm 金刚石绳索取心钻具钻进至 834.65 m 左右,穿过风化煤层见硅质岩后

下入 $\varnothing 89$ mm 套管;更换 $\varnothing 75$ mm 绳索取心钻具钻至终孔。

2 钻遇问题及钻井液对策

第四系覆盖层松散、破碎,因破碎物直径较大,多为山上落石,坡体滚石,开孔使用粗分散泥浆钻进,如此钻至 16.7 m 后改用 PHP 泥浆,其性能指标为:密度 $1.01\sim 1.05$ g/cm³,漏斗粘度 17~19 s, pH 值 9~10,润滑系数 0.13~0.15。开钻后事故频发,钻进过程极为困难,历时 3 个月,钻进至 688 m。主要孔内问题如下:

(1) 钻杆内壁结垢。由于龟山矿区地层局部较为破碎,绳索取心钻进切削岩屑粉颗粒大且岩粉不易沉淀,被高速离心力甩向钻杆内壁;另外,受狮子山区地形限制,泥浆循环系统的总长度不能满足泥浆中岩粉颗粒的沉降要求,致使岩粉沉淀效果不佳,固相含量偏高。泥浆循环过程中容易在钻杆内壁形成结垢,导

收稿日期:2018-06-04; 修回日期:2018-07-25

作者简介:王迪,男,汉族,1988 年生,勘察技术与工程专业,从事岩心钻探技术相关研究工作,安徽省铜陵市狮子山区 321 地质队, njdnzsm@163.com。

致钻杆实际内径缩小,使打捞内管困难^[2-3]。

(2)垮塌严重。钻进至 420~680 m 遇严重风化层、炭质页岩以及数层煤层,尤其厚达 18 m 的风化层结构破碎,胶结性差,脆性松散。钻进过程中,孔壁垮塌严重。钻至 714 m 处,因发生严重塌孔,起大钻后都要扫孔 6~8 h 才能到底,钻进效率难以提高,而且钻进时常出现憋泵现象,给钻探生产带来了极大困难。

针对上述问题,冲洗液应主要从防塌能力着手,最大程度减轻井壁垮塌;适当提高泥浆的粘度,以确保钻屑顺利返排至地面;增强泥浆的絮凝能力,使得泥浆在地面沉淀池内快速沉淀;降低冲洗液中的固相含量,避免过高的固相含量在钻杆的高速旋转作用下在钻杆内壁结垢。

常用的无固相钻井液包括聚丙烯酰胺冲洗液如 PHP 冲洗液、硅酸盐冲洗液以及聚乙烯醇冲洗液等^[4-6]。通常情况下,当地层相对稳定时,采用 PHP 冲洗液可起到良好的润滑、减振效果,有利于绳索取心工艺效能的发挥。但是,当存在破碎带、强水敏地层时,聚丙烯酰胺难以防止井壁失稳的发生,而硅酸盐和聚乙烯醇由于独特的防塌机理,此时可起到良好的防塌效果^[7-12]。其中,对于聚乙烯醇冲洗液而言,在氢键的作用下,聚乙烯醇分子间会发生紧密的连接而形成稳定的体型结构,而且聚乙烯醇分子与岩石间的吸附也比较牢固。此外,由于聚乙烯醇分子的长链烃基是憎水基团,能够排斥水分子,所以,它自身具有向固-液界面迁移的趋势,可以在岩石表面铺展成膜而阻止水分子对岩石表面的侵袭,从而起到稳定散粒体的作用。为此,本钻孔后续施工考虑采用无固相聚乙烯醇冲洗液,一方面该冲洗液本身不含固相,即便部分钻屑混入,也较大程度减少了固相含量,可降低钻杆内壁结垢的风险;另一方面,聚乙烯醇本身成膜能力强,防塌效果优异,抑制性强,可以抑制钻屑在泥浆中进一步分散。

3 无固相聚乙烯醇冲洗液配制

3.1 聚乙烯醇加量确定

所选用的聚乙烯醇的醇解度为 98% 以上,分子式为 $[-CH_2-CH(OH)]_n$,聚合度 n 约为 2000。其良好的成膜性取决于疏水主链上带有亲水侧基,而且该亲水侧基与水的吸引力大于其本身的内聚力,单分子链节与岩石表面发生牢固的“平卧式”吸附,

从而起到胶结松散岩石、保护孔壁的作用^[13]。在金刚石绳索取心钻进中,由于环空间隙小,要求冲洗液的粘度不能过高。因此,配制不同浓度的聚乙烯醇溶液,分别测试其表观粘度值如图 1 所示,以确定较为合适的加量。

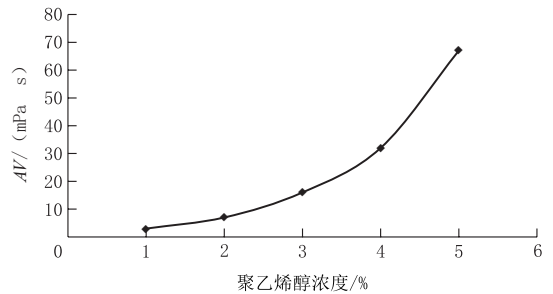


图 1 表观粘度随聚乙烯醇浓度的变化

从图 1 可知,随着聚乙烯醇浓度的增加,表观粘度逐渐增加;当加量超过 3% 时,其粘度基本呈指数趋势急剧增加,过高的粘度对于泵压影响较大,也会由于压力“激动”而产生井壁失稳的问题,所以,结合岩心钻探冲洗液粘度要求,将聚乙烯醇的加量控制在 3% 以内是比较合适的。

3.2 岩心碎块浸泡试验

取部分现场风化带岩心碎块,分别置于不同浓度的聚乙烯醇溶液和清水中,观察并记录其外观形貌的变化情况,结果如表 1 所示。

表 1 岩心碎块在不同加量聚乙烯醇溶液中浸泡现象

聚乙烯醇浓度/%	岩心碎块外观形貌变化/min				稳定程度
	体积增大	出现裂纹	部分破裂	全部破碎	
0		0.03	0.17	0.5	无
1	2	60	720		相对稳定
2		90	720		较稳定
3					稳定

由表 1 可知,现场岩心碎块的水敏性极强,在清水环境内浸泡不到 30 s 的时间就已经完全水化崩散。在含有聚乙烯醇的溶液中,岩心发生水化的速度减缓,尤其是当聚乙烯醇的浓度达到 3% 时,岩心在浸泡过程中基本无明显变化,一定程度上表明聚乙烯醇具有稳定井壁的作用。

3.3 降滤失剂的选择

实验发现,以聚乙烯醇配制的冲洗液在做失水量试验时基本为全滤失,这对于防止井壁失稳也是不利的。所以,使用常用的降失水剂添加到聚乙烯醇溶液内,测试其失水量的变化情况。由表 1 可知,聚乙烯醇加量在 3% 时具有很强的稳定岩心碎块的

能力,但是此时的表观粘度已经达 $16 \text{ mPa} \cdot \text{s}$ 左右,对于岩心钻探而言粘度已略微偏高,复配以其它降滤失剂时有可能导致粘度继续增加而引起泵压过度增大。而聚乙烯醇浓度在 2% 时已经具有较强的稳定岩心碎块的能力,从成本以及复配处理剂时冲洗液有可能继续增粘等方面考虑,暂定聚乙烯醇的浓度为 2% ,分别添加磺化酚醛树脂(SMP)、植物胶(CL-1)、磺化沥青粉(FT-342)以及磺化褐煤树脂(SPNH),加量均为 2% ,测试上述降失水剂对其粘度与失水量的影响,测试结果见表 2。

表 2 不同降失水剂对聚乙烯醇溶液的性能影响

类型	表观粘度/ ($\text{mPa} \cdot \text{s}$)	塑性粘度/ ($\text{mPa} \cdot \text{s}$)	动切力/ Pa	FL/ mL
基液	7.0	7.0	0.0	全滤失
基液+SMP	12.5	12.0	0.5	42.0
基液+CL-1	85.0	68.0	17.0	16.0
基液+SPNH	9.0	8.5	0.5	14.5
基液+FT-342	8.5	8.0	0.5	12.8

由表 1 可知,CL-1 对粘度影响比较大,也具有较好的降失水的能力,可以作为提粘型降失水剂;而 SMP、SPNH 和 FT-342 均对粘度影响较小,相对而言 SPNH 和 FT-342 的降滤失效果更好。而且 FT-342 本身具有一定的封堵能力和润滑作用,所以更加适合在此处使用。

4 现场应用

4.1 现场配制

聚乙烯醇在水中溶解速度慢,高醇解度的聚乙烯醇难以在冷水中溶解,所以,需要在热水中边搅拌边加入以加快溶解速度。加热过程中需要连续搅拌,以防止局部受热严重而导致聚乙烯醇糊化。待溶解充分后,再补充到配浆水中适当稀释至所需浓度。配浆水水质对于聚乙烯醇的溶解有一定的影响,当配浆水中钙镁离子浓度过高时会降低聚乙烯醇的溶解能力,严重者会导致部分聚乙烯醇析出。当配浆水 pH 值 < 7 时,可使用碳酸钠进行适当调整,确保配浆水的 pH 值在 7.5 左右,达到一个弱碱环境,以清除部分钙镁离子。

提粘剂植物胶分子量较大,需要预先在水中浸泡、搅拌,充分水化后配制成高浓度的胶液,并补充到聚乙烯醇溶液中去,边补充边搅拌,直到漏斗粘度达到 30 s 左右。FT-342 在水中的溶解能力强,添加时可直接补充到搅拌罐内。待彻底搅拌均匀后将

所配冲洗液排放至泥浆池内备用。

4.2 无固相冲洗液的维护

聚乙烯醇具有强烈的絮凝钻屑的能力,所以,在使用该无固相冲洗液时需要先将前期使用的泥浆进行彻底置换,并且严格清洗地面循环槽、沉淀池和泥浆池,确保泥浆循环过程中无残留的井浆混入到该无固相冲洗液内。替浆完成后,小排量循环,将孔内沉淀的钻屑携带至地面,此时,聚乙烯醇将在井壁上快速吸附,也会在钻屑表面发生吸附,导致有效物含量降低,粘度下降很快,所以需要持续补充聚乙烯醇的用量。待孔内钻屑返排充分后,即可按照配方要求进行正常配制和维护。

4.3 现场使用

ZK141 孔在 $530 \sim 688 \text{ m}$ 段钻遇大段风化破碎带,上部掉块、轻微坍塌不断,无法扫到孔底。688 m 后,钻进 9 m 完整岩层,至 697 m 又遇 18 m 厚风化煤系地层,由于煤层性质硬、脆、碎,以及煤层底板粘土岩缩径,继续下钻钻进时孔壁不断坍塌、掉块、缩径,反复扫孔,孔内沉渣多,常常出现内外管间隙被沉渣卡死,无法顺利打捞岩心管。从 688 m 扫孔至 714.9 m ,扫孔历时 5 d ,且钻孔内沉渣越聚越多,越扫越浅,情况未见好转。

通过现场分析和小样实验,将常规低固相冲洗液改为聚乙烯醇无固相冲洗液,按照 2% 聚乙烯醇 + 0.1% 植物胶 + 2% FT-342 的配比配制,彻底清理地面循环系统后全孔替浆,最小排量扫孔、循环 2.5 h 左右后到达孔底。钻进过程中,再未发生因为钻杆内壁结垢而造成打捞内管失败的现象。据所取岩心观察, $714 \sim 834 \text{ m}$ 孔段的地层仍为破碎炭质页岩及煤层,岩心呈粉末状,见图 2。穿过该破碎段后钻进至 1027 m 进入完整岩层,直致达到终孔深度 1256.05 m 。现场实践表明,无固相聚聚乙烯醇冲洗液对垮塌地层起到了较好的护壁效果。



图 2 ZK141 孔孔深 782 m 左右处岩心