

河坝井田复杂地层钻探施工技术难点及对策

黄 平

(四川省煤田地质局一三五地质队,四川 泸州 646000)

摘 要:为了解决四川叙永河坝煤田勘探复杂地层钻进施工中的技术难点问题,对钻探施工中遇到的复杂地层情况进行分析,介绍了该地区地层特点、钻孔结构、冲洗液类型、护壁堵漏技术及新工艺技术的应用等,保证了该地区钻探施工的顺利实施。

关键词:煤田勘探;钻探;护壁堵漏;绳索取心;复杂地层

中图分类号:P634.5 **文献标识码:**A **文章编号:**1672-7428(2010)05-0027-04

Technical Difficulties in Drilling Construction of Complex Formation/HUANG Ping (No. 135 Geological Brigade, Sichuan Provincial Bureau of Coal Geology, Luzhou Sichuan 646000, China)

Abstract: In order to solve the technical difficulties of complex formation drilling for coal exploration in Xuyong dam of Sichuan, analysis was made on the encountered complex formations. The paper introduced the formation characteristics, borehole construction, washing fluid, wall protection & leakage control and the application of new technology.

Key words: coal exploration; drilling; wall protection & leakage control; wire-line coring; complex formation

1 概况

四川叙永河坝井田勘探项目是四川省国土资源厅地质勘查基金项目,是川南古叙煤田尚未正式勘查和开发的普查钻探工作,矿段共设计钻孔 41 个,钻探进尺 27950 m,我队于 2007 年 7 月 2 日第一台钻机进场开始施工到 2009 年 1 月 21 日顺利完成钻探任务。工程质量完成情况:竣工 41 个钻孔,按《煤田地质钻探工程质量标准》进行综合验收评级,甲级孔 23 个、乙级孔 18 个,甲乙级孔率 100%。

2 地层情况及特点

2.1 地层情况

①第四系(Q)表土层:由风化层及滑坡物堆结组成,胶结非常差,结构松散,深度一般 5~20 m,最深达 40 m,钻进时孔壁极易坍塌,很难形成孔眼,且漏失严重,重者全漏失。

②三叠系下统嘉陵江组(T_{1j}):平均厚度 360 m,主要由灰质白云岩、泥灰岩、石灰岩组成,岩石裂隙、溶洞发育,形成的溶洞较大,最深达 12 m。

③三叠系下统飞仙关组(T_{1f}):平均厚度 475 m,主要由泥质粉砂岩、粉砂岩、砂质泥岩、泥灰岩、生物碎屑灰岩等组成。

④二叠系上统长兴组(P_{2c}):平均厚度 45 m,主

要由中厚~厚层状含生物碎屑微晶、粉晶灰岩、泥灰岩组成,岩石裂隙比较发育,深部易发生涌漏,浅部岩石十分破碎,岩溶发育,形成的溶洞及早溶洞较多。

⑤二叠系上统龙潭组(P_{2l}):平均厚度 116 m,为海陆交互相互沉积的含煤岩系,岩性主要由灰、深灰、灰黑色泥岩、粘土岩、砂质泥岩、泥质粉砂岩、粉砂岩、砂岩、炭质泥岩和煤层等组成,底部为浅灰至灰白色含黄铁矿高岭石粘土岩,主要煤层有 11、13、16、18、19、23、24、25 号。

⑥二叠系下统茅口组(P_{1m}):平均厚度 220 m,主要由深灰色中厚层状砂屑灰岩、微晶灰岩组成,含燧石结核,岩石裂隙比较发育。

2.2 矿段岩层主要物理特性及可钻性

矿段主要岩性有:泥岩、砂质泥岩、钙质泥岩、炭质泥岩、泥质粉砂岩、粉砂岩、砂岩、灰岩、白云质灰岩、泥晶灰岩、微晶灰岩、砂屑灰岩、泥灰岩、粘土、亚粘土、砂砾、砾石和煤等。其中泥岩的主要矿物成分是高岭石、蒙脱石,泥岩类主要由泥质、砂质、钙质胶结,胶质致密,岩石较完整,比较软,研磨性弱~中等,可钻性 2~4 级;砂岩的主要矿物成分是长石、石英,砂岩类泥质胶结,胶结致密,岩石完整,比较硬,研磨性中等,可钻性 5~7 级;灰岩的主要矿物成分

收稿日期:2010-01-14

基金项目:四川省国土资源厅地质勘查基金项目

作者简介:黄平(1957-),男(汉族),四川人,四川省煤田地质局一三五地质队工程师,钻探工程专业,从事钻探施工技术与管理工,四川省泸州市江阳西路 20 号,642802182@qq.com。

是碳酸钙、硅酸钙,灰岩类以硅质、泥质胶结为主,岩石裂隙比较发育,破碎,研磨性中等偏上,可钻性7~10级,钻进中易发生涌漏现象。

矿段北翼地层倾角较平缓,一般 $25^{\circ} \sim 45^{\circ}$,构造简单,南翼地层较陡,一般倾角 $55^{\circ} \sim 75^{\circ}$,个别勘探线达 $85^{\circ} \sim 88^{\circ}$ 。

3 钻探施工难点

(1)表土层中存在的风化及滑坡堆积层欠压实,胶结非常差,结构松散,钻进时,孔壁极易坍塌,很难形成孔眼,且漏失严重,普遍全漏失。

(2)灰岩地层岩石破碎,裂隙溶洞发育,溶洞最大的12 m,涌漏并存,并伴地下水活动,漏失孔段长、点多、面广,漏失性质确定困难,堵漏施工难度大,处理时间长。

(3)南翼地层陡,一般倾角 $55^{\circ} \sim 75^{\circ}$,最高达 $80^{\circ} \sim 88^{\circ}$,构造复杂,多属高陡构造,地层破碎。因而在处于地应力作用下泥页岩井壁极易遭受破坏,引起严重的坍塌,给钻井液的配制、维护增加较大的困难。

(4)煤系地层普遍假厚在400 m左右,最厚达780 m,煤层厚度最厚的也达37 m以上(假厚),在厚煤层中钻进(特别是粉煤),由于钻孔护壁不稳定,极易造成煤层垮塌、孔壁垮塌,掉块易形成“大肚子井眼”,严重影响了岩粉的运移,造成起下钻受阻,接单根放不到底,被迫长孔段长时间划眼,延长了施工周期。

(5)龙潭组地层岩石多为泥页岩、粘土岩,很容易发生水化膨胀,扩径,而且此段泥、砂岩交替频繁,形成大小不等的井径,成为“糖葫芦串”井眼,轻者易造成携岩困难,重者会造成卡钻、埋钻等复杂事故。

(6)煤系地层岩性胶结性差,垮塌、掉块现象严重,由于钻进过程和起下钻中受外力作用的影响,环空岩屑不断增多,形成砂床、砂桥,引起泵压异常高,特别是绳索取心钻进工艺环空间隙小,不利于大泵量排渣。

4 钻探施工技术对策

4.1 合理设计井身结构

合理设计钻孔结构,对胶结差,漏失、垮塌程度不同的地层,分别用表层套管、技术套管封隔,以减少上部地层复杂情况对下步施工的影响,这是顺利钻进的关键,也是直接影响钻探效率和成本的关键。

(1)对构造简单、钻孔较浅、岩石比较完整的钻孔,一般选用2~3级钻孔结构,下1~2层技术套管,如一开 $\varnothing 150$ mm,二开 $\varnothing 96$ mm,三开 $\varnothing 77$ mm,为常用的钻孔结构。

(2)对上部比较复杂,钻孔较深,岩石破碎或存在灰岩,裂隙较发育,有溶洞的钻孔,一般选用4~6级钻孔结构,利用技术套管将上部复杂地层隔离后,用 $\varnothing 96$ mm钻具钻进至煤系地层,直至钻穿13号煤层,再换成 $\varnothing 77$ mm钻具钻进至终孔层位。即一开 $\varnothing 150$ mm或更大的 $\varnothing 170$ mm,二开 $\varnothing 130$ mm,三开 $\varnothing 110$ mm,四开 $\varnothing 96$ mm,五开 $\varnothing 77$ mm终孔。

4.2 优选钻井液体系

钻井液是钻探的血液,是保证绳索取心钻探技术能否顺利应用的关键技术,针对河坝地层及岩石情况,既符合绳索取心钻进开高转速要求的“三低一好”(低粘度、低密度、低切力、润滑性好),又能满足复杂地层护壁要求的需要,我们选用了无固相钻井液、聚丙烯酰胺低固相钻井液及磺化沥青防塌钻井液。

4.2.1 无固相钻井液

与清水相比,无固相钻井液具有较好的携带和悬浮岩屑的能力,且能在孔壁上形成薄的吸附膜,具有一定的护壁能力,有较好的润滑和减阻作用,配制简单,成本低,钻进时效高等特点。主要应用于无煤系地层和胶性好的嘉陵江组、飞仙关组和长兴组。无固相钻井液是在清水中添加水解聚丙烯酰胺(PHP)。

配比:清水(1 m^3) + 水解度为30%、浓度为1%的PHP(1%~3%)。

性能指标:密度 $1.005 \sim 1.01 \text{ g/cm}^3$,粘度16~20 s,失水量15~25 mL/30 min,含砂量 $< 0.5\%$,pH值7~8,润滑系数0.12~0.15。

4.2.2 聚丙烯酰胺低固相钻井液

以优质钠膨润土为基本造浆材料,添加适量的处理剂调整性能,以适应高转速和护壁的需要,以3%~5%人工钠土配成基浆,添加聚丙烯酰胺、植物胶、CMC、润滑剂等制成。适用于破碎带、岩石胶结差的泥岩、泥质粉砂岩等遇水膨胀、坍塌水敏性地层。

配比:清水(1 m^3) + 钠膨润土(200目)(3%~5%) + 纯碱(0.1%~0.2%)(浸泡)→搅拌制成原浆 + PHP(0.5%~1%) + 植物胶(1%~2%) + CMC(0.1%~0.2%) + 润滑剂(1%~2%)→搅拌均匀。

性能指标:密度 $1.03 \sim 1.06 \text{ g/cm}^3$, 粘度 $20 \sim 25 \text{ s}$, 失水量 $12 \sim 15 \text{ mL/30 min}$, 含砂量 $< 3\%$, pH 值 $7.5 \sim 8.5$, 润滑系数 $0.13 \sim 0.15$ 。

4.2.3 磺化沥青防塌钻井液

河坝井田煤系地层主要使用的钻井液。由于南翼地层属于高陡地质构造,最大地层倾角 80° 多,煤系地层普遍假厚在 400 m 左右,最厚假厚达 780 m 以上。因此,本地层的钻井液的技术关键就是优选钻井液体系,实现控制煤层、炭质泥岩、粘土、泥岩的坍塌和掉块。钻井液要有很强的抑制泥页岩水化膨胀,防止孔壁坍塌的能力。磺化沥青是钻井液处理剂很强的一种页岩抑制剂,能阻止页岩水化膨胀和分散,封堵裂缝,防止孔壁剥落性坍塌。主要用作泥页岩微裂缝及破碎带的封闭,而起防塌作用,并有较好的润滑能力和降滤失能力,在破碎地层、厚煤层、粘土、泥岩等易塌地层,采用磺化沥青钻井液护孔,具有较好的防塌护壁效果。

配比:清水 (1 m^3) + 钠膨润土 ($5\% \sim 8\%$) + 纯碱 ($0.1\% \sim 0.2\%$) (浸泡) → 搅拌制成原浆 + 磺化沥青 ($1\% \sim 2\%$) + 植物胶 ($1\% \sim 2\%$) + CMC ($0.1\% \sim 0.2\%$) + 润滑剂 ($1\% \sim 2\%$)。

性能指标:密度 $1.05 \sim 1.08 \text{ g/cm}^3$, 粘度 $20 \sim 35 \text{ s}$, 失水量 $10 \sim 12 \text{ mL/30 min}$, 泥皮 $< 1 \text{ mm}$, pH 值 $9 \sim 10$, 润滑系数 $0.13 \sim 0.15$ 。

4.3 确保钻井液的防塌能力及性能稳定技术措施

(1) 进入煤系地层 11 号煤层前,变换钻井液类型,向循环浆中一次性加足 $3\% \sim 5\%$ 的膨润土粉和 $1\% \sim 2\%$ 磺化沥青防塌剂,以最大限度的封堵煤层裂隙,防止煤层垮塌。根据现场情况也可以提高钻井液密度至 $1.2 \sim 1.3 \text{ g/cm}^3$,以平衡煤层坍塌能力,严格控制失水,保持钻井液有较强的抑制能力,防止煤层物质成分的水化分散引起的煤层垮塌的加剧。钻遇煤层以快通过为主原则,钻进中时刻注意泵压、电流变化,发现异常及时调整钻井液性能,以适应地层的需要。

(2) 在层理和裂隙发育孔段,根据孔内实际情况,定期加入防塌剂和封堵性处理剂。保持钻井液中的防塌剂在 $1\% \sim 2\%$ 。膨润土含量在 6% 左右,这样既能提高钻井液防塌能力,又改善钻井液的润滑性和泥饼质量,减少钻井液向地层的渗透。

(3) 在钻孔施工过程中,加强对钻井液性能的测定(每班测 2 次,并记录在班报表上),分析,并及时对钻井液进行调整处理。

(4) 煤系地层钻进阶段,维护钻井液具有较好的流变性和较低滤失量,可降低地层的吸水膨胀,又可降低对孔壁的破坏。根据地层实际,确定钻井液的处理方案,及时加入适量的防塌剂和膨润土,以增强钻井液的造壁性及护壁性能,保持钻井液性能的相对稳定性。

(5) 钻进煤层及破碎易塌地层时,调整处理钻井液要平稳进行,避免大幅度调整钻井液性能。

(6) 用好固控净化设备,循环槽、沉淀池要按循环系统规格布置并及时清除钻井液中的有害固相,根据需要补充预水化膨润土,改善钻井液质量。

4.4 钻孔堵漏工艺措施

绳索取心钻进普遍存在着不同程度的钻孔漏失,孔内钻井液漏失是地层系统压力不平衡造成的。只要地层压力小于钻孔内液流的压力,就可能产生漏失现象。河坝井田地层大部分存在着渗透性、裂隙性漏失。其漏失部位主要存在于嘉陵江组、长兴组岩层、构造破碎地层以及飞仙关组的泥灰岩地层等。漏失程度从渗透性漏失、裂隙性漏失到小裂隙、大裂隙和空洞性漏失不一,个别钻孔涌、漏并存。钻进时漏失,停钻时涌水。钻井液的性能难以稳定。特别是岩石破碎,同时又存在着严重漏失的钻孔,给绳索取心钻探施工带来很大的困难。由此,我们根据地层的漏失特点以及漏失的不同程度,采用了不同的堵漏工艺。

4.4.1 惰性材料堵漏

惰性材料主要有锯末、花生壳、核桃壳、玉米穗等,按照施工地层漏失通道、漏失量大小,把惰性材料加工成细型、粗型和粗细混合型的材料,惰性材料堵漏一般使用在渗透性漏失地层和中小裂隙地层,采用集中灌注方法,把惰性材料与高分子有机化合物混合加水搅拌均匀,形成有一定流动性的粘稠状物,把内管打捞上来后,钻头提离在漏失孔段以上 3 m 左右,开泵从钻杆内把堵漏材料送入漏失段,并循环堵漏,堵住后投入内管继续钻进,经过多次反复使用,堵漏效果较好。

4.4.2 水泥护壁堵漏

对于惰性材料堵漏不能堵住的钻孔,我们采用水泥堵漏。水泥堵漏的材料主要采用:普通水泥 + $20\% \sim 30\%$ 石灰粉 + 锯末 + $1\% \sim 2\%$ 食盐。配浆用水要清洁,水温 $> 30^\circ \text{C}$,灌注时应根据漏失孔段的长度、深度确定用量,选择水灰比。堵漏前,钻具应在漏失孔段以下 $1 \sim 3 \text{ m}$,灌浆前应事先做好充分准备,灌浆时不得间断,全部灌浆量应一次灌完,并

打入替浆量(替浆量一定要计算准确),然后徐徐将钻具提离浆面30~40 m,才能开泵清洗管路和钻具,并一定要掌握好水泥候凝时间,以防止扫水泥塞时出现岔孔,12 h即为合适的候凝时间。

4.5 多工艺技术的应用

4.5.1 螺杆定向造斜

由于南翼地层地质构造复杂,岩性倾角大,个别勘探线达 $85^{\circ}\sim 88^{\circ}$,地面甚至陡直。在此种直立岩层中钻进,钻头很容易顺层走,不但造成施工风险,也很难达到地质目的,而且根据现有的机械设备、钻具而言,几乎成为不能完成的任务。为此采用先进的螺杆定向造斜工艺,人为控制孔斜、方位按其逆层发展,减少钻孔深度,压缩施工周期,都起到很好的效果。在69-22、73-23、77-24、77-40、81-25、81-41等6个钻孔中实施后均满足地质设计要求,取得较好的经济效益。

4.5.2 顶漏钻进及套管护孔

河坝井田的地层漏失情况复杂,段长、点多,多数钻孔在开孔时就漏水,乃至全孔段漏水,特别是嘉陵江组和长兴组孔段。在绳索取心钻进这些地层遇孔内全漏失时,暂不堵漏,待穿过相关的漏失孔段再采取相应的措施方法。但是,在孔口不返水钻进时,要密切注意水泵的工作情况,时刻观察泵压、电流情况以免发生烧钻事故。

采用套管护孔时,首先要做好准备工作,选择套管所下孔段,要保证套管下到完整坚硬的岩石上,套管底部与孔口要密封可靠,我们采用的是套管底部和顶部缠胶带的方法,效果很好。

4.5.3 用 $\varnothing 50$ mm普通钻杆排除坍塌物

当孔内坍塌严重,形成砂桥、砂床,扫孔困难时。由于绳索取心钻进环空间隙小,泵压高,不利于大排量排除孔内坍塌物。我们换用 $\varnothing 50$ mm普通钻杆,增大钻具的环空间隙,采用普通钻进工艺的方法,冲扫到孔底后再换成绳索取心钻具。2008年有5个

钻孔采用此方法,分别是1-1、49-16、69-22、73-23、113-37号钻孔,收到了较好的效果。

5 认识和建议

(1)由于复杂漏失地层较厚、段长、点多,有的钻机在施工中见漏就堵,堵了钻进时又漏,漏失后又再堵,所钻进尺都不多,反复处理堵漏,浪费较多的堵漏时间和材料。建议在今后的施工作业中,见漏后尽量顶漏钻进,或加深漏失孔段,减少堵漏次数的数量,节约堵漏材料的浪费。

(2)孔身结构上有的钻孔不太合理,不能千篇一律,增大了施工的复杂性,未发挥好绳索取心钻进工艺的优势,建议一定要认真分析所钻钻孔的地质构造和地层特征,结合已施工的钻孔经验,因地制宜采取一些有效技术措施,制订符合于本孔的钻孔结构,发挥绳索取心钻探的优势,提高钻进效率。

(3)在扩孔方面,一定要按扩孔钻具的有效组合,下部导向的直径要合理,上部的导向长度要长于6~8 m,以保证所扩孔孔径能顺利下入套管。

(4)在钻井液的选型和使用上,一定要根据地层岩性特征和构造破碎程度,煤层厚度等因素,合理选择钻井液类型(或配方),确保钻孔安全,防止孔壁坍塌,杜绝孔内事故是绳索取心钻进工艺提高钻进效率、降低成本的有效途径。建议在钻井液的管理工作中,要加强对循环系统的规范化,在使用上的制度化,在配制上的科学化。

参考文献:

- [1] 彭步涛.绳索取心钻进技术在复杂地层的应用[J].中国煤田地质,2007,19(1).
- [2] 闫永辉.麻黄地区钻井难点与对策[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2008,35(6).
- [3] 陈金照.大河煤田钻孔复杂因素分析及施工技术对策[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2009,36(10).

小秦岭金矿深部整装勘查启动 预计5年提交金资源量100 t

国土资源网消息 近日,河南省地矿局地调一队承担的河南省小秦岭金矿田北矿带F5矿脉深部金矿整装勘查(普查)和河南省小秦岭金矿田南中矿带金矿整装勘查两项目设计通过专家评审,标志着小秦岭金矿田深部整装勘查进入实施阶段。

据了解,河南地调一队从2005年开始,先后在小秦岭金矿田实施了5个全国危机矿山接替资源勘查项目,新增金资源量54 t。此外,这个队开展的小秦岭金矿田中深部金矿成矿规律与成矿预测研究项目,划分出18个深部成矿预测区,

并首次将小秦岭金矿构造蚀变控矿模型概括为“一街五巷三层楼”。其中“一街”指主控矿断裂,“五巷”指与主控矿断裂平行的同序次含矿断裂,“三层楼”指的是围岩蚀变分带或成矿元素的地球化学轴向分带。这一理论为小秦岭开展深部找矿具有重要指导作用。

小秦岭金矿田深部金矿整装勘查项目是中国地质调查局资源保障工程。经评审,小秦岭金矿田北矿带整装勘查项目首期投资5000万元,5年预获金资源量30 t;南中矿带整装勘查首期投资1亿元,5年预获金资源量70 t。