

川南煤田古叙矿区大村勘查区复杂地层钻探施工技术

李得新, 首照兵, 杨刚
(四川省煤田地质局一三七队, 四川达州 635006)

摘要:川南煤田古叙矿区大村勘查区溶洞、溶隙发育,煤层垮塌,加之瓦斯压力测试、煤层气试井对孔壁的破坏,施工难度大。为了解决上述钻探施工难题,从钻孔结构设计、钻头选型、钻井液使用、套管使用等方面入手,采取相适应的施工工艺及技术措施,取得了较好的效果,保证了该地区钻探施工的顺利实施。

关键词:复杂地层;钻孔结构;绳索取心;套管使用;古叙矿区

中图分类号:P634 文献标识码:B 文章编号:1672-7428(2017)09-0044-05

Construction Technology in Complex Formation of Dacun Exploration Area in Guxu Mining Area of South Sichuan Coal Field/LI De-xin, SHOU Zhao-bing, YANG Gang (137 Geological Team of Sichuan Coalfield Geology Bureau, Dazhou Sichuan 635006, China)

Abstract: The construction is difficult in Dacun exploration area in Guxu mining area of South Sichuan coal field with Karst cave and crack development, coal seam collapse and the wall damage by gas pressure test and CBM well test. In order to deal with the above difficulties, the suitable construction processes and technical measures were adopted in borehole structure design, bit selection and the usage of drilling fluid and casing, the good effects ensured the smooth drilling construction in this area.

Key words: complex formation; borehole structure; wire-line coring; usage of casing; Guxu mining area

1 概述

1.1 工程概况

川南煤田古叙矿区大村勘查区位于泸州市东南240 km,行政区划隶属于泸州市大村镇、二郎镇管辖。矿区区内乡村公路网基本形成,可达区内各主要村镇,交通较为方便。矿区地貌类型多样,以侵蚀剥蚀、岩溶山地地貌为主。地势南高北低,海拔标高322.7~1246 m,最高点为大村中乐镇香樟树,标高1246 m,最低点在赤水河边二郎滩,标高322.7 m,最大高差923.3 m,一般500~700 m,属中山区。矿区属亚热带湿润季风气候区,温暖、潮湿是其最大的特点。极端气温在-2.8~40.7℃,年平均18℃。年平均降水量1008 mm,相对湿度75%。风向多为西风,最大风速17 m/s。

矿区分详查、勘探2个阶段。主要以煤炭勘探为主,兼顾硫铁矿、煤层气,实行综合勘查。本次施工累计完成钻孔数42个,深度155.84~1062.54 m,其中有3个钻孔深度>1000 m,钻探工作量19417.60 m。完成的测试工作包括瓦斯压力测试73层次、注入/压降试井8层次、单层水位观测14层次、抽水试验12层次。

1.2 地层情况及特点

矿区位于扬子地层区黔北川南分区之遵义小区,区内出露地层由老至新依次为志留系、二叠系、三叠系及侏罗系,在地势低洼、平缓处有少量第四系分布。

本次施工钻遇地层为第四系、三叠系、二叠系,由新至老分述如下。

①第四系(Q):厚度2~10 m,主要岩性为粘土层、砂土及其他风化类岩石,孔壁不稳定,易坍塌、掉块。

②三叠系下统嘉陵江组(T_{1j}):厚度405~545 m,主要岩性为中厚层状灰岩、泥灰岩、白云质灰岩、白云质泥岩、钙质泥岩、灰质泥岩、岩溶角砾岩,本次施工钻遇该地层中下部,溶隙、溶洞发育,钻井液漏失。

③三叠系下统飞仙关组(T_{1f}):厚度320~485 m,主要岩性为薄层状泥岩、砂质泥岩、钙质泥岩、灰质泥岩、灰岩、鲕粒灰岩、中厚层状灰岩、粘土岩,飞仙关组一段溶隙、溶洞发育,钻井液漏失。

④二叠系上统长兴组(P_{2c}):厚度45~71 m,主要岩性为中厚层状生物碎屑灰岩、含燧石结核、泥灰

岩、块状灰岩,溶隙、溶洞发育,钻井液漏失,钻效低。

⑤二叠系上统龙潭组(P_2l):为本次勘探目的层,厚度71~119 m,主要岩性为泥质粉砂岩、细粒砂岩、泥岩、砂质泥岩、炭质泥岩、粘土岩、煤,孔壁不稳定,易坍塌、掉块。

⑥二叠系上统茅口组(P_2m):厚度196~250 m,主要岩性为深灰、浅灰色中厚层状生物碎屑灰岩,裂隙、溶洞发育,钻井液漏失。

1.3 地质构造

矿区总体构造为一不对称的向斜构造,区内褶曲不甚发育,断层较发育,发现少量陷落柱;区内含煤地层沿走向产状有一定变化,但规律性较明显,沿倾向产状变化较小。区内断层以走向正断层为主,次为斜交逆断层。规模较大、对本次钻探施工有较大影响的断层为核桃坝走向正断层(F_{60})、马桑坪走向正断层(F_{68})、小河逆断层(F_{229})、文昌宫走向逆断层(F_1)。根据《煤、泥炭地质勘查规范》(DZ/T 0215—2002)的划分标准,勘查区构造复杂程度总体属中等类。

2 钻探施工难点

由于施工区域较广,客观条件差异较大,施工难点也有所不同,归纳起来主要有以下几个难点。

(1)溶洞、溶隙发育。矿区中部溶洞、溶隙最为发育,数量多、深度大,少数溶洞填充有粘土等。19-137号孔在茅口组钻遇7.10 m溶洞;23-147号孔在飞仙关组一段钻遇6.21 m溶洞,21-143号孔在飞仙关组中钻遇大小溶洞22个,深度超3.0 m溶洞有6个。受溶洞、溶隙影响,断钻杆、卡钻等事故频发,易形成多个孔眼,成孔率低。

(2)地层漏失。受地质构造(断层)影响,岩石节理裂隙发育,岩心完整性差。钻孔施工过程中遇到不同程度的漏失,护壁堵漏难度大,处理时间长。

(3)煤心采取质量不易保证。矿区可采煤层层次多,主要有 C_{11} 、 C_{13} 、 C_{14} 、 C_{16} 、 C_{17} 、 C_{21} 、 C_{23} 、 C_{24} 、 C_{25} 号等煤层。多数为块煤,煤心采取质量较好, C_{14} 、 C_{17} 煤层为粉煤,煤心采取质量较差。

(4)测试对孔壁破坏大。根据设计,部分煤层需进行瓦斯压力测试和注入/压降试井等测试工作。测试工作完成后,封孔胶囊还原不到初始状态,与孔壁之间存在一定的接触,形成真空状态,提升钻具时形成的抽吸作用对井壁破坏极大,导致下部松散地

层垮塌,长时间反复扫孔,延长了施工周期。

(5)施工用水困难。矿区属于岩溶发育地区,地表蓄水效果差,施工用水主要来源于大气降水。受季节变化影响,施工用水较为困难。

3 主要钻探设备及器具

根据钻孔设计深度、终孔孔径要求、地层条件,考虑地质构造对钻孔的影响,施工深度较设计可能有一定的出入,按照“大马拉小车”的原则进行钻探设备的选择。选用XY-2B、XY-4、XY-44、XY-5A型立轴岩心钻机及其配套设备12台套。

钻杆选择:考虑到钻孔试验测试方面的要求及地层的复杂情况,为减少扩孔工作量,配备了一定数量的JS98、XJS75绳索取心钻具。 $\varnothing 91$ mm绳索钻杆3500 m, $\varnothing 71$ mm绳索钻杆8000 m。

套管选择: $\varnothing 146$ mm套管200 m, $\varnothing 127$ mm套管500 m, $\varnothing 108$ mm套管1000 m, $\varnothing 89$ mm套管1400 m。部分钻孔将 $\varnothing 91$ mm绳索钻杆作为技术套管。

4 主要钻探技术措施及工艺

4.1 钻孔结构设计

钻孔结构设计是施工设计的首项任务,正确的设计不仅可以使工程顺利进行,提高效率,保证质量和降低成本等,也是保证获取准确的地质资料的先决条件。结构设计必须以地质设计为基础,综合考虑钻孔深度、地层特性、钻进方法及施工设备的能力,按照从内到外依次合理的级配进行设计。在保证钻孔质量和安全钻进的前提下,力争少换径,少下或不下套管,最大限度地简化钻孔结构,以提高钻进效率。

本矿区钻孔深度在1080 m(28-151孔)以浅,设计采用150 mm口径开孔(500 m以浅的钻孔可灵活采用),钻至完整基岩2 m后,下入 $\varnothing 146$ mm表层套管。另外,根据钻孔是否穿越破碎、严重漏失、溶洞等施工复杂地段,考虑是否下入 $\varnothing 127$ 、108、91/89 mm多层技术套管进行孔径的选择,最终按单孔设计孔径一直到终孔。钻孔级配:考虑孔内出现复杂情况时可以补下一层套管,通常备用一级口径,以保证终孔直径满足设计要求。钻孔结构设计参见图1。

4.2 钻头选型

根据钻遇地层综合选择钻头:地层坚硬完整时,

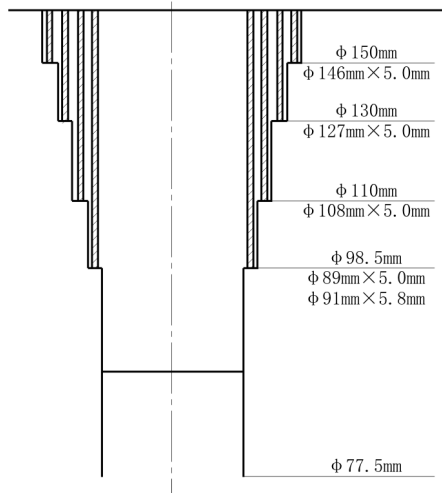


图1 钻孔结构示意图

选择低胎体硬度(HRC15~25)的同心圆、齿轮等类型钻头;地层较软时,选择稍高胎体硬度(HRC25~35)的齿轮、锯齿等类型钻头;地层破碎时选择导向性能好的阶梯形钻头。

4.3 钻井液的选用及维护

为确保正常钻进,施工机组应根据实际施工情况选用钻井液类型,每班组设泥浆岗专人管理,并定时检测钻井液性能,加强对钻井液的性能维护,保证其各项指标满足安全钻井施工要求。根据勘查区地层特点,主要选用聚丙烯酰胺无固相钻井液、低固相钻井液及三磺体系钻井液。

4.3.1 聚丙烯酰胺无固相钻井液

聚丙烯酰胺钻井液是在清水中加入一定比例的聚丙烯酰胺配置而成,具有润滑性好、失水量少,有一定的防塌能力,加之配置方法简单、操作方便、成本低等优点,在钻孔上部完整层段为首选钻井液。

配比:1 m³ 清水 + 0.6% 聚丙烯酰胺 + 0.3% ~ 0.5% 高效润滑剂。

性能指标:密度 1.01 ~ 1.02 g/cm³, 粘度 18 ~ 22 s, pH 值 7.5 ~ 8.5。

4.3.2 低固相钻井液

钻进第四系覆盖层、垮塌、煤系地层时,选用低固相钻井液。

配比:1 m³ 清水 + 3% 膨润土 + 0.15% 纯碱 + 0.5% ~ 0.7% 羧甲基纤维素钠 + 适量抑制剂。

性能指标:密度 1.03 ~ 1.05 g/cm³, 粘度 22 ~ 26 s, API 失水量 4 ~ 8 mL/30 min, pH 值 8.5 ~ 9.5, 泥皮厚度 < 0.5 mm。

当地层垮塌严重时,可加入磺化沥青增强防塌性能;钻遇泥质粉砂岩等遇水膨胀、坍塌水敏性地层时,可加入适量的腐殖酸钾。

4.3.3 三磺体系钻井液

38-1号孔地层倾角极陡,加之C₁₁、C₁₃、C₁₄煤层在进行瓦斯压力测试之后,煤系地层垮塌,反复扫孔不到底。使用不同配比的低固相钻井液持续扫孔月余仍不能解决问题。与成都理工大学泥浆研究室联系,选用聚磺体系钻井液,基本解决了煤系垮塌、反复扫孔不到底的难题。

配比:1 m³ 清水 + 5% 钠土 + 0.3% ~ 0.5% 羧甲基纤维素钠 + 1.2% ~ 1.6% 磺化酚醛树脂 + 0.6% ~ 0.8% 磺化褐煤 + 1.8% ~ 2.6% 磺化沥青 + 0.12% ~ 0.2% 聚丙烯酸钾 + 0.6% ~ 0.8% 铵盐。

性能指标:密度 1.15 ~ 1.50 g/cm³, 粘度 35 ~ 65 s, API 失水量 3 ~ 6 mL/30 min, pH 值 9.0 ~ 10.0, 泥皮厚度 < 0.45 mm。

4.3.4 钻井液的配置与维护

(1) 钻井液配置。使用低固相钻井液时,必须选择造浆性能良好的优质膨润土,使用膨润土前要将其预水化 24 h 以上,羧甲基纤维素钠必须提前用热水充分水化。要求各种泥浆化学处理剂的称量准确、配比合理;泥浆搅拌时间达到 15 min 以上。

(2) 钻井液维护。钻井液使用过程中,要勤测量并认真记录,防止其他液体混入。及时检测钻井液性能,发现性能不符合要求时要及时调整,确保钻井液性能稳定。处理剂存放要得当,防止雨淋、受潮及暴晒,以免处理剂性能发生变化,从而影响泥浆性能和钻进效果。

4.4 护壁堵漏措施

施工过程中伴随有轻微漏失、中等漏失,甚至全漏失。如不能及时、有效地解决漏失问题,将造成孔内事故发生、钻进效率低、施工成本高的后果,严重的直接威胁钻孔安全、甚至会导致钻孔报废。因此在出现漏失情况时应及时进行处理。根据钻孔漏失情况采取不同的堵漏工艺。

4.4.1 惰性材料堵漏

钻孔发生轻微漏失、中等漏失时,优选惰性材料堵漏。具体方法是:在水解 PHP 中加入适量岩粉、锯末,充分拌和至粘稠状态,利用井口漏斗倒入绳索取心钻杆内,连接主动钻杆后开泵慢慢回转上下活动钻具扫孔,待泵压正常后可结束扫孔。如堵漏效

果不好,可重复进行2次。此种方法操作简单,堵漏效果较好,安全性高,比较节省时间,成为处理微裂缝漏失的首选。注意堵漏用锯末应先过筛,将粗块、粗渣剔除。

4.4.2 水泥砂浆堵漏

当采用上述方法堵漏无效或遇全漏失时,可采用水泥砂浆堵漏。具体方法是:水泥+河砂+1% NaCl(早强剂),水灰比为0.45~0.50。要求采用普通硅酸盐水泥或硫铝酸盐地勘专用水泥,水泥标号不低于42.5,且水泥不得受潮变质结块,河砂应选择细中粒河砂。

(1)灌注水泥砂浆应事先做好充分准备,灌注时不得间断,全部堵漏材料应一次性灌注,并泵入替浆液(替浆液一定要计算准确),然后徐徐将钻具全部拉出井口。

(2)扫水泥砂浆时不能使用清水作为钻井液,应控制扫孔速度,切勿心急,扫完一根钻杆后应充分循环钻井液,做到水清砂净后才能加下一根钻杆;防止在加钻杆期间水泥河砂下沉埋钻。遇暴雨等极端天气停钻、机械故障、途中吃饭时,应想办法将井内钻具提至安全位置,防止水泥河砂下沉埋钻。

(3)对于井内无水位的干孔灌注水泥砂浆后,顶替浆液量应根据灌注深度酌情减量,防止替浆量过多使水泥砂浆从漏失通道漏跑,达不到堵漏的目的。

(4)井内无水位的干孔水泥砂浆封闭堵漏后候凝时间不应太长,可适当缩短候凝期,防水泥心强度增高后逐根扫孔打捞水泥心浪费时间。一般在孔内无水位的情况下水泥砂浆灌注后12 h即可扫水泥心;孔内有水位的情况下用水泵泵送水泥砂浆灌注后24 h即可扫水泥心。

4.4.3 套管护壁堵漏

当采用上述方法堵漏无效或钻遇溶洞采用水泥砂浆堵漏无效时,可扩孔至漏失点(溶洞底部)以下,下套管对漏失点或溶洞进行封隔是行之有效的。

(1)套管下入深度主要考虑复杂地层深度和各级孔段深度,套管底部一定要坐落在完整较硬基岩上,保证在正常钻进过程中不下滑,从而避免造成孔内事故。

(2)各开次钻进完成后,及时下入表层套管和技术套管,下入套管前应做好充分的准备工作,防止孔壁长时间裸露坍塌。

(3)选用优质钢材套管,套管与套管间采用平接头连接,丝扣螺纹良好,连接紧密。

(4)遇大溶洞时,根据溶洞大小选择长于溶洞的套管;遇连续多个溶洞时,按照套管接头部位与孔壁“空缺”错开的原则选择套管,保证接头部位位于完整孔壁处。

(5)准确丈量每根套管长度,按下井顺序依次记录在班报表上。

(6)防止钻井液从孔壁和套管之间空隙上返,将套管底部敲打成喇叭形减小套管与孔壁间隙,下套管至距井底1 m时,向井底投放黄泥球,投放一定高度后,合上立轴轻轻回转钻具,下套管至预定位置。

(7)在套管外均匀涂抹一层黄甘油,减少起拔套管阻力。

(8)为了保持套管的稳定和防止岩粉沉到套管与孔壁间,完钻后套管起拔困难,对井口进行封闭处理。采用海带缠绕套管,倒入浓聚丙烯酰胺浆液,封闭套管与孔壁间的间隙。

4.5 新技术、新方法的应用

4.5.1 同径开口式导斜楔偏斜(绕障)施工技术

4.5.1.1 偏斜补煤施工

23-147号孔将C₁₃、C₁₄、C₁₇、C₂₅等4层煤打薄甚至打丢,达不到地质要求,要求补煤或移孔重新施工。考虑C₁₃以上地层溶洞、溶隙发育,处理施工时间较长,采用Ø71 mm同径开口式导斜楔偏斜施工技术进行补煤。此次偏斜补煤用时4.5 d,进尺68.74 m,避免了移孔施工或处理套管后扩孔工序,既节约了工期和钻探成本,又减少了报废进尺,取得了一定的经济效益。在9-3、34-159孔等钻孔中采用了此种方法,均达到了地质目的。

4.5.1.2 偏斜绕障施工

28-151号孔按照设计要求对C₁₇、C₂₃、C₂₅煤层进行注入/压降试井工作,在C₁₇(起止井深:1007.98~1010.49 m)煤层进行试井后,孔壁出现垮塌,垮塌物在孔底垫起高度20 m,井深987.98 m。持续扫孔20余天无任何效果,最后发生埋钻事故。经处理事故头986.52 m,其余钻具处理不起来。为了节约事故处理时间,经研究决定采用Ø91 mm同径开口式导斜楔偏斜绕障施工技术进行施工。历时7 d,钻至C₁₇底部完成绕障施工,后顺利施工至终孔井深1062.54 m。

4.5.2 无水口卡簧座配合超前底喷钻头采取煤心

非煤系地层采用金刚石绳索取心技术进行取心,利用卡簧座上的卡簧卡取岩心,岩(煤)心采取率较好,由于 C_{14} 、 C_{17} 煤层为粉煤,煤心采取质量较差。进入含煤井段后,采用仿美采煤管取煤,其良好的单动性能保证了煤层的采取率。

当钻孔进行瓦斯含量测试时,要求起钻到煤样提升至井口所用的时间规定为:井深每100 m提心时间 ≥ 2 min,样品到达地面后,应在10 min内装入解吸罐密封。采用仿美采煤管取煤无法满足要求,采用无水口卡簧座配合超前底喷钻头采取煤心(见图2),既满足了设计要求,煤心采取质量也得到了保证。



图2 采取煤心用超前底喷钻头和无水口卡簧座

5 钻探技术经济效果

施工前期,由于对地层认识不足,采用了较为简单的井身结构及钻井液配方进行施工,钻孔无法成孔甚至报废,报废钻孔4个,直接经济损失200余万元。

通过增加井身结构级数,改善钻井液配方及性能指标,后期施工的钻孔全部成孔,成孔率100%。台月效率明显提高,由原来的142.76 m提高至347.52 m。各项测试内容符合相关规范要求,取得了较好的技术经济效果。

6 结语

通过以上钻探技术及工艺措施,不仅解决了该矿区复杂地层钻探施工的难题,提高了钻进效率,降低了施工成本和孔内事故的发生,为我队创造了一

定的经济效益,而且为类似地层的施工积累了宝贵的经验。

(1)根据地质设计编制矿区施工组织设计和制定单孔施工方案。该矿区地层复杂,施工难度大,风险大,认真编写施工组织设计和单孔施工方案是十分必要的。方案和设计要有针对性,不能流于形式,特别复杂钻孔的方案要反复进行商讨和论证。同时在施工中必须按要求严格执行,并及时针对实际情况进行修改。

(2)合理的钻孔结构是钻孔后续施工是否顺利的关键。在新矿区对地层情况不甚了解的情况下,建议备用一级口径,在孔内出现复杂情况时可以补下一层套管,以保证终孔直径满足设计要求。

(3)该矿区钻孔漏失点多,漏失类型多样,建议依次采用惰性材料、水泥砂浆、套管等堵漏方式进行堵漏,尽量用最简单的方式解决问题。由于顶漏钻进的高风险性,不建议使用顶漏方式进行钻进。

参考文献:

- [1] 汪传武,张波,黄德强,等. 马达加斯加 Sakoa 煤田钻探施工技术[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2012,39(5):8-11.
- [2] 曲文杰,王振福. 绥德河底 1676 m 煤田勘探孔施工技术[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2012,39(S2):307-309.
- [3] 祁新堂,冯军山,李耀辉,等. 河南省舞钢市王楼铁矿详查钻探施工技术[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2015,42(7):19-22.
- [4] 张东兴. 夜长坪矿区钻探施工技术探讨[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2014,41(8):26-28,32.
- [5] 黄忠高,李志强,杨启文. 江西省浮梁县朱溪矿区深孔钻探施工技术研究[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2011,38(5):23-27.
- [6] 首照兵,卢文华,李跃成,等. $\varnothing 71$ mm 同径开口式导斜楔偏斜(绕障)施工技术[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2012,39(10):36-39.
- [7] 黄平. 河坝井田复杂地层钻探施工技术难点及对策[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2010,37(5):27-30.
- [8] 卢峰,汪栋,王平. 山西灵丘腰站铁矿普查项目深斜钻孔钻探设计与施工技术[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2012,39(S2):334-337.
- [9] 李得新,首照兵,吴金生. 页岩气基础地质调查万地1井钻井堵漏技术[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2017,44(2):23-26.
- [10] 陈风云,王虎,谷天本. 小秦岭地区深部钻探钻孔结构设计[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2011,38(7):44-46.