

马达加斯加 Sakoa 煤田钻探施工技术

汪传武, 张波, 黄德强, 毛浓博
(西安地质矿产勘查开发院, 陕西 西安 710100)

摘要:介绍了全液压力头钻机在马达加斯加 Sakoa 煤田复杂地层钻探施工工艺, 施工中克服了绳索取心工艺在破碎、漏失地层中的施工困难, 圆满完成了施工任务; 另外对比了全液压力头钻机与立轴钻机的优缺点, 简介了国外钻机施工状况。

关键词:煤田钻探; 绳索取心; 复杂地层; 全液压力头钻机

中图分类号: P634.5 **文献标识码:** A **文章编号:** 1672-7428(2012)05-0008-04

Drilling Construction Technology in Sakoa Coalfield of Madagascar/WANG Chuan-wu, ZHANG Bo, HUANG De-qiang, MAO Nong-bo (Xi'an Institute of Geological and Mineral Exploration, Xi'an Shaanxi 710100, China)

Abstract: This article describes the drilling construction process in complex formation of Sakoa coalfield with fully hydraulic driving drill in Madagascar; the construction difficulties in broken and leaking layers were overcome. The comparison was made on the advantages and disadvantages of fully hydraulic driving drill and spindle drill and introduced the construction conditions with foreign drill rig.

Key words: coalfield drilling; wire-line coring; complex formation; fully hydraulic driving drill

1 项目概况

Sakoa 煤田位于马达加斯加南部, 距离国家七号公路 120 km, 距离图利亚拉 190 km, 施工时业主方新修简易公路连接各个工区, 交通条件较便利。

泰国 PAMM 公司拥有 Sakoa 煤田勘查权, PAMM 公司委托香港卓通矿业有限公司和该院对该矿区进行勘查, 施工工期为 1 年半。矿区由多个长方形区块组成, 矿区东西宽 2.52 ~ 32.81 km, 南北长 14.95 ~ 42.35 km, 面积约 400 km²。

马达加斯加 Sakoa 矿区为微波状丘陵地貌, 地形起伏不大, 一般高差不超过 100 m。矿区北部地表大部分有植被覆盖, 南部植被较少。气候为热带气候, 分旱季和雨季, 旱季为 5 ~ 12 月, 干旱少雨, 天气凉爽, 昼夜温差较大, 气温 10 ~ 32 °C; 雨季为 1 ~ 4 月, 天气炎热, 雨水充沛, 气温 18 ~ 35 °C。

2 地质概况

区内地层可分为 4 组: 地表绝大部分为基岩裸露, 局部有覆盖层, 覆盖层厚度 0 ~ 10 m; 上部为红色和灰色砂岩、砾岩、泥岩、灰岩岩层, 区内厚度约 20 ~ 150 m; 含煤地层为二叠系煤系地层, 以中砂岩、细砂岩、粉砂岩和泥岩为主, 厚度 50 ~ 300 m 不等; 底部为灰绿色冰碛层。

岩石主要为砾岩、长石砂岩、粉砂岩、泥岩, 少量为泥质砂岩、灰岩, 煤层 2 ~ 5 层, 厚度 3 ~ 22 m, 主要为烟煤。上部岩层风化严重, 风化层 20 ~ 80 m 不等, 下部风化较弱。区内构造复杂, 断层较多, 受构造断层影响, 岩石较破碎。区内地层倾角一般为 20° ~ 45°。

3 钻孔质量要求与设备、机具选择

3.1 钻孔质量要求

根据业主方合同要求, 煤层长度采取率 > 95%, 质量采取率 > 90%; 上部覆盖岩层与煤系地层岩心采取率 > 90%, 质量采取率 > 75%。岩心直径 > 56 mm。要求每个钻孔需业主方验收合格后才能终孔。特别要求煤心不得磨损、污染, 煤心柱需呈长柱状, 岩心断口对上后基本吻合。

3.2 钻探设备的选择

由于该项目对岩心、煤心采取率要求高, 因此在该矿区选用了北京天和众邦勘探技术股份有限公司生产的 YDX-3L 型履带式全液压钻机 4 台, YDX-1800 型履带式全液压钻机 1 台, 钻机自带 BW160/10 型泥浆泵。

3.3 钻探机具选择

由于业主方要求岩心、煤心直径 > 56 mm, 因此

收稿日期: 2011-11-02

作者简介: 汪传武(1974-), 男(汉族), 陕西山阳人, 西安地质矿产勘查开发院工程师, 探矿工程专业, 从事岩心钻探工作, 陕西省西安市长安区杜陵西路 56 号, 1097147180@qq.com; 张波(1982-), 男(汉族), 陕西丹凤人, 西安地质矿产勘查开发院助理工程师, 勘查技术与工程专业, 从事固体矿产钻探与岩土工程施工工作, zhangbo54031@163.com。

煤系地层主要采用H系列绳索取心钻具。钻杆采用 $\varnothing 89$ mm绳索取心钻杆,采用S95 mm钻杆接手,S95 mm钻具总成, $\varnothing 96$ mm孕镶金刚石双管钻头。

4 钻探工艺

4.1 钻孔结构

矿区虽然覆盖层较少,大部分地段没有覆盖,基岩裸露,基岩风化严重,上部岩层极为破碎,因此孔深大于400 m的钻孔采用150 mm孔径开孔,小于400 m的钻孔采用130 mm孔径开孔,钻至较完整的基岩,下入套管,防止上部孔段坍塌、掉块。下入套管后,采用 $\varnothing 96$ mm钻头钻至终孔。

4.2 钻具的选择和使用

一般采用 $\varnothing 96$ mm绳索取心孕镶金刚石钻头, $\varnothing 96.5$ mm金刚石扩孔器,S95系列钻具总成, $\varnothing 89$ mm绳索取心钻杆。

选择孕镶金刚石钻头和扩孔器时,特别注意钻头内、外径的尺寸,每个孔内使用过的钻头要用游标卡尺仔细测量,避免出现不合格的钻头,以免出现孔内事故和岩心采取率不合格的现象。

4.3 钻进参数

4.3.1 钻压

采用双管孕镶金刚石钻头,一般地层钻压8~12 kN,最大15 kN;煤层钻进钻压6~8 kN,最大12 kN。

孕镶金刚石钻头按单位底面积压力为0.4~0.8 kN/cm²计算,在钻孔弯曲、超径的情况下或钻进强研磨性、破碎岩层时,应适当降低钻压,所用压力应比正常压力低25%~50%;钻进时,应准确计量钻压,要考虑到孔深、孔壁摩擦、孔斜、泵压等因素造成的钻压损失;钻孔经常出现砂岩、泥岩互层,钻压选择按不同地层灵活掌握,不要超过最大钻压。特别注意的是,不得片面追求进尺而盲目加压钻进。

4.3.2 转速

一般地层钻进转速200~700 r/min,煤层钻进转速150~400 r/min。

根据岩石的可钻性、研磨性、完整程度选择转速,根据实际情况灵活掌握,一般钻头磨料颗粒越细,转速越高;正常钻进时,在机械能力、管材强度允许的前提下,在研磨性适中、中硬完整地层,在润滑良好、钻具稳定、级配合理的情况下,尽可能提高转速,在遇到砾岩地层时降低转速;在孔深、钻孔弯曲、超径的情况下或钻进强研磨性、破碎岩层时,钻孔弯曲、超径、钻具振动大的情况下,转速应适当降低;在

软岩中钻进效率很高时,为保证钻头冷却和排出岩粉,应适当限制转速;在使用高转速的情况下,应注意钻杆内壁结垢的问题。

4.3.3 泵量

一般地层钻进泵量为60~120 L/min,煤层钻进泵量为40~70 L/min。

根据岩石的可钻性、完整程度、钻进速度和钻头直径合理选择泵量,泵量的确定应以有效清除、携带岩粉和冷却钻头为准。较小的泵量和较高的泵压是绳索取心钻进的要求,在钻进中应随时观察泵压变化,根据泵压的变化判断孔内情况。泵量的确定还应综合考虑岩石性质、环状间隙、钻头类型、胎体性能等因素的影响。钻进坚硬、颗粒细的岩层应选择较小泵量,钻进软的、中硬的、颗粒粗的岩层应选用大泵量,钻进裂隙、有轻微漏失的地层泵量应稍大于正常泵量,但不应使用过大泵量。钻头水口的大小,直接影响钻头内外的冲洗液的压差,保持适当压差,有利于钻头底部的冷却和岩粉的清除,钻头水口深度应保持在3 mm以上。

4.4 泥浆的配置与维护

一般地层和煤层采用无固相泥浆,能达到较好的携粉、护壁和润滑的效果。

泥浆配方:清水(1 m³) + PAM(1 kg) + 植物胶(4 kg) + KP共聚物(5 kg) + 高效润滑剂(4 kg) + CMC(2 kg)。

泥浆性能:密度1.02~1.04 g/cm³,粘度22~25 s,失水量7~13 mL/30 min,泥饼厚度<5 mm,含砂量<2%,胶体率>95%,pH值7.5~9。

一般地层采用该种无固相泥浆,能保持孔壁稳定,有效地排出岩粉,降低孔内钻进阻力。遇到轻微漏失地层,加入黄土粉和随钻堵漏剂;如果地层裂隙较大,采用大裂隙堵漏剂堵漏,待有泥浆返出口后加入随钻堵漏剂,一般堵漏效果较好。

现场配备一台泥浆搅拌器和3个药剂桶,将待加入的处理剂预先在药剂桶内水化、溶解,根据钻进中处理剂消耗情况,药剂桶内搅拌好的处理剂溶液有控制地加入到循环槽或泥浆池内。经常测试泥浆性能,随时掌握泥浆性能变化,及时进行性能调节,并做好配制、净化处理、捞砂工作。根据地层变化及时调整泥浆性能,加强净化并适时补充处理剂来恢复其性能。调配好的泥浆,不得随便加入清水。现场泥浆循环系统尽可能加长,泥浆槽设置2~3个沉淀池,及时清理捞砂,保持泥浆性能。

5 钻探施工技术探讨

5.1 上部砾岩与煤层顶板粉砂岩钻进

矿区地层上部一般都有1~2层砾岩,厚度不均匀,一般20~150 m,局部厚度>200 m。砾岩颗粒较大,大颗粒直径2~4 mm,且多为石英颗粒,颗粒硬度很大,颗粒间的胶结物为泥质胶结,较为松散。钻进时钻头、扩孔器、外管磨损严重,泥浆漏失严重,给钻探带来一定的困难。

前期采用 $\varnothing 96$ mm孕镶金刚石钻头钻进,岩粉颗粒较大,而且颗粒硬度大,钻头消耗快,扩孔器和外管磨损严重,特别是上扩孔器下部和外管连接处磨损非常快,有明显的台阶,有时出现一个回次扩孔器和外管就报废。后来采用 $\varnothing 98$ mm钻头,加大环状间隙;上扩孔器金刚石块由原来的6块减少到3块,增加冲洗液的过流面积,有效地解决了上扩孔器和外管的磨损问题。该层钻进时泥浆中加于随钻堵漏剂,能较好地抑制泥浆漏失问题。

煤层顶板有一层粉砂岩,硅质胶结,硬度为8~9级,厚度10~20 m,钻进困难。一个钻头一般能钻进5~7 m,而且钻进效率低(0.3~0.5 m/h)。现场有一套液动潜孔锤,使用后效果较明显,钻效能提高到1.0 m/h左右。

5.2 钻杆抖动

钻进过程中随着钻孔深度增加,孔内钻杆开始抖动,不但影响了钻进效率,而且经常断钻杆,出现孔内事故。分析可能造成的原因,钻杆螺纹质量差,孔内钻杆柱不直;孔内有掉块或岩粉多,钻杆扭矩大;钻孔孔壁有局部坍塌,可能出现“大肚子”;操作过程中钻压过大。针对上述可能产生的原因采取措施,注意操作钻压在允许范围;检查钻杆,地面检验不合格的钻杆不准下入孔内;泥浆中加入润滑剂,增加冲孔时间;经常测试泥浆,使泥浆始终保持良好性能。采取上述一系列措施后,孔内钻杆抖动现象大有改善,钻探效率大幅度提高。但是个别钻孔仍然还是出现钻杆抖动现象。

5.3 护壁与堵漏

矿区钻孔大部分孔段采用无固相泥浆,以防止钻杆内壁结垢,提高钻探效率。地层上部风化严重,节理裂隙发育,容易出现坍塌、掉块、漏失现象,一般需要采用低固相泥浆,加入一定量的黄土粉、植物胶、随钻堵漏剂、CMC等材料配置低固相泥浆,基本能解决坍塌和漏失问题。

部分钻孔有一层页岩,属水敏地层,返出岩粉都是大颗粒棱角状页岩,容易出现大量坍塌,一旦控制

不好,就会出现加不进去钻杆的情况,钻孔无法继续施工。后来通过优化泥浆质量,降低泥浆失水量,再加入KCl处理剂,坍塌情况得到有效的控制。

部分地区由于构造断层、裂隙影响,孔内漏失严重,孔口不返泥浆,这时就采用大裂隙堵漏剂堵漏。使用大裂隙堵漏剂,一定要掌握堵漏时机,一般遇到不返水地层后再钻进0.5 m左右,钻具提离孔底3 m左右,投入大裂隙堵漏剂,使堵漏剂能进入地层裂隙后膨胀,效果较好。遇到使用大裂隙堵漏剂堵漏仍没效果时,加入稻草、棉籽壳等惰性材料架桥,然后再用大裂隙堵漏剂堵漏,发现堵漏有效果,泥浆从孔口返出后,泥浆内加入黄土粉、植物胶增加粘度,再加入随钻堵漏剂,一般能有效堵漏。

钻进过程中,遇到不稳定地层,有掉块、漏失时,注意降低提钻速度,防止提升速度过快产生抽吸现象,使孔壁泥皮脱落,造成钻孔堵漏、护壁失效。每次提完大钻,从孔口灌入泥浆,始终保持孔内压力平衡,在实际钻进过程中效果明显。

5.4 煤心采取

甲方对煤心采取率要求较高,采用绳索取心工艺大部分都能达到采取率要求,局部煤层结构松散或有自燃现象,采到长柱状煤心比较困难。

针对高要求煤心采取率,采取一系列技术和过程管理措施:钻孔钻至煤层后,减小钻头与卡簧座的间隙,同时减小泵量,避免泥浆冲刷煤心;检查钻头、卡簧和钻具,各机构可靠配合;降低钻压和转速,使煤层内钻进平稳进尺,钻进速度适当控制,不能过快或过慢,煤心特别难采煤层,控制回次进尺,每回次控制在1.0~1.5 m;采取煤心后平稳打捞,避免煤心脱落,退心时轻放、细心,取出的煤心应及时清洗干净,并按要求进行摆放。通过采取以上技术措施,严格采煤过程管理,煤心采取率基本都能达到规定要求。

5.5 全液压力头钻机使用

随着国内钻探设备设计制造水平的迅速提高,全液压力头钻机已全面普及使用,在该项目中使用了YDX-3L型和YDX-1800型履带式全液压钻机,和以往使用立轴钻机比较有以下优点和缺点。

(1)立轴钻机给进行程一般只有0.6 m,钻进中需要不停地倒杆,而动力头钻机给进行程3.5 m,减少了辅助工作时间,有利于提高钻探效率,也降低了工人的劳动强度。

(2)动力头钻机所有装置均为液压驱动,操控精准便捷,钻机仪表齐全,方便适时观察设备运行以

及孔内情况。

(3)动力头钻机结构紧凑,钻塔拆卸、安装方便,采用可变速履带行走系统,极大地方便了设备搬迁和钻机安装。

(4)动力头钻机处理孔内事故不便;钻塔太低(9 m),每次提钻只能提双根,而且没有钻杆架,需要放倒钻杆,主卷扬提升速度慢,钻进深孔比较困难;钻机整体性强,不易拆卸,不适合山区复杂地形搬迁。

5.6 国外钻机施工情况

现场还有一个澳大利亚钻探公司2台钻机施工,使用Atlas配套钻机、钻杆和钻具,钻头使用台阶式表镶金刚石钻头,钻进效率高,岩心采取率高。

(1)设备质量好,液压系统没有发现有渗油现象,动力头运转平稳,振动小,孔内钻具高速转动,不会出现钻杆摆动现象;液压油冷却系统单独设立,便于冷却,水泵放在钻机尾部,便于维修使用。钻杆强度高,丝扣加工质量高,极少出现断钻杆或钻杆脱扣现象,孔内事故少。

(2)内管总成结构简单,结实耐用,一共只有28个零部件,和我们使用的钻具相比取消了到位报信机构和岩心堵塞报警机构,去除内岩心管后总长只有86 cm;卡簧壁厚,长度比较长,使用寿命长。扶正环与内管配合间隙小,内管在外管内不会摆动。

(3)钻具上、下扩孔器不同,下扩孔器与国内一般扩孔器基本相同,上扩孔器上镶入3排复合片,复合片间距较大,利于排出岩粉,而且耐用。

(4)使用一种SAMCHEM高分子聚合物泥浆材料,泥浆材料是一种25 kg桶装液体,据了解,该泥浆材料起到携粉、护壁、润滑、絮凝的效果,粘度较大,润滑性能好,加量为1:2500,漏斗粘度达到32~35 s(清水28 s)就可使用。使用该种泥浆材料的泥浆配制、维护简单方便,直接加入到清水中,稍加搅拌就可使用,根据使用情况,证明在该区域地层使用能达到较好效果。

(5)每个钻孔都下入 $\varnothing 114$ mm孔口套管,下入深度3~20 m不等,主要作用是稳定钻杆及保护上部松散层,一般下到稍有强度的强风化岩层中。因钻机运转平稳,钻杆不会扩打孔口套管,因此不用采取稳固措施,套管不会脱落。

现场还有2台英国钻机,由于施工质量差,岩心采取率低,孔斜太大无法测井,在施工3个月后,因质量问题与业主方终止合同。

5.7 钻探施工困难

马达加斯加位于非洲东南部,工业不发达,一般钻探使用的配件、材料难以购置,所使用的材料全部从国内购买,运输困难,一般船运材料周期需要4个月左右,给钻探施工带来极大的不便。施工期间马国内局势动荡,多座城市经常发生打砸抢烧事件,对我们的钻探施工带来一定影响。

因为材料运输困难,钻杆、钻具等材料必须节约使用,能凑合使用的尽量使用,泥浆材料也得节约使用。旱季基本没有雨水,河流干枯,施工用水艰难,雨季雨量集中,容易发生洪水灾害,交通受阻,给钻探施工带来了许多困难。

6 结语

近几年,我国钻探行业发展迅速,钻探装备和钻探工艺技术也有长足的进步,为探矿行业走出国门创造了条件。我院在马达加斯加Sakoa煤田勘查共完成钻探工作量43690 m,完成了整个矿区勘查任务,创造了较好的社会效益和经济效益。

通过这次走出国门的勘查工作实践,为了解国外勘查市场进行了有益的尝试,也为国外钻探施工积累了宝贵的经验,为以后在进行类似勘查任务提供了参考。

参考文献:

- [1] 刘广志. 金刚石钻探手册[M]. 北京:地质出版社,1991.
- [2] 邢士学. 煤田钻探绳索取芯技术探讨[J]. 煤炭技术,2008,27(9).
- [3] 陈风云,谷天本. 西平铁矿深孔绳索取心钻探技术应用[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2010,37(6):16-19.
- [4] 舒智. 复杂地层深孔钻进关键技术的探讨与实践[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2009,36(S1).
- [5] 栗岩玉,黄维振. SA75⁺5绳索取心钻具在第三系煤田地质勘探中的应用[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2010,37(7):9-11.
- [6] 陶士先,汤松然,彭步涛. 绳索取心钻杆内壁结垢机理与防治研究[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2007,34(S1):155-159.
- [7] 郑秀华,王军,蔡福民,等. 兰渝铁路深孔隧道勘察碳质泥岩防塌孔钻井液技术[J]. 铁道建筑,2010,(2).
- [8] 苏长寿,谢文卫,杨泽英,等. 系列高效液动锤的研究与应用[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2010,37(3):27-31.
- [9] 侯庆国. XD-3型全液动力头式岩心钻机的研制与应用[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2007,34(8):27-30.
- [10] 王振福,卫中弟. “榆天探采号”盐井施工技术[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2007,34(S1):143-145.

致谢:此次施工过程中,得到了陕西省地勘局王振福教授及北京探矿工程研究所陶士先教授的大力帮助和指导,在此表示衷心的感谢。