

# 套管跟进与绳索取心组合钻探技术的应用

胥虹

(核工业天津工程勘察院,天津宝坻301800)

**摘要:**针对贵州省清镇市犁倭乡红花寨、白浪坝铝土矿破碎、漏孔、坍塌掉块的灰岩地层,采用了套管跟进与绳索取心组合钻探技术,克服了常规钻探技术方法钻进困难的问题,顺利完成了ZK3369孔钻探任务,取得了良好的效果。在分析施工难点的基础上,介绍了在破碎、漏失、坍塌掉块地层中套管跟进与绳索取心组合钻探技术施工工艺。

**关键词:**铝土矿;破碎灰岩;坍塌掉块;漏孔;套管跟进;绳索取心

**中图分类号:**P634.5 **文献标识码:**B **文章编号:**1672-7428(2014)04-0022-03

**Application of the Combined Drilling Technology of Drilling with Casing and Wire-line Coring/XU Hong** (Nuclear Industry Tianjin Engineering Investigation Institute, Baodi Tianjin 301800, China)

**Abstract:** According to the broken, leaking, clasping and block falling limestone formations of the bauxite in Guizhou, the combined drilling technology of drilling with casing and wire-line coring was used to overcome the difficulties of conventional drilling methods, ZK3369 hole drilling was successfully completed with good result. On the basis of the analysis on the construction difficulties, the paper introduces the combined drilling technology of drilling with casing and wire-line coring in the broken, leaking, clasping and block falling formations.

**Key words:** bauxite; broken limestone; clasping and block falling; leak; drilling with casing; wire-line coring

## 0 引言

贵州省是我国的矿产资源主要储存地之一,然而构造发育的喀斯特地貌,却为钻探工作带来了许多困难。例如:灰岩地层钻进不返水,钻进途中突然遇到溶洞等等。笔者在贵州省清镇市犁倭乡红花寨、白浪坝铝土矿勘探施工(以下简称:贵州某铝土矿勘探施工)中还遇到了在灰岩中同时出现破碎漏孔坍塌掉块的情况,使钻进施工难以进行。针对这种复杂地层,经过分析研究,决定采用套管跟进与绳索取心组合钻探技术。套管跟进技术多用在漂石或流沙层的钻进,一般钻进孔深只有十几米,因此,在更深钻孔中运用是这次施工成功的关键。

## 1 工程概况

贵州某铝土矿钻探施工ZK3369孔的技术指标为:倾角 $90^\circ$ ,开孔直径 $\geq 110$  mm,终孔直径 $\geq 75$  mm,岩心采取率 $\geq 75\%$ ,矿心采取率 $\geq 80\%$ ,设计孔深280 m。

矿区地层剖面综述如下。

(1)第四系(Q),厚0~34.00 m。分布于缓坡沟谷地带,为残积、坡积、冲积层。由碎石和粘土组成,不整合覆盖于各时代地层之上。

(2)栖霞组( $P_2q$ ),根据岩性特征分为3段。

第三段( $P_2q^3$ ):上部为浅灰、灰色厚层~块状含生物碎屑微晶灰岩,含少量燧石结核和白云质团块,下部为深灰色中厚层状微晶生物灰岩夹薄层泥质生物碎屑灰岩,厚46.37~68.14 m;

第二段( $P_2q^2$ ):中上部为灰色块状细晶生物碎屑灰岩,含燧石结核及条带,且大致沿层分布,下部为薄~中厚层状灰岩夹泥质生物碎屑灰岩,底部6~8 m为灰色块状泥晶生物碎屑灰岩。厚22.96~58.50 m;

第一段( $P_2q^1$ ):深灰色薄~中厚层状生物碎屑灰岩与灰黑色薄层生物碎屑泥质灰岩互层,具波状层理,上部含燧石结核,厚17.64~49.16 m。

(3)梁山组( $P_2l$ ),厚9.59~46.27 m。

上部为黑色页岩及粉砂质粘土岩,含黄铁矿结核。

中部为灰色中厚层状细粒石英砂岩与灰色薄层状粉砂质粘土岩互层,由下而上石英砂岩增厚、增多。

下部为黑色粉砂质粘土岩夹少量薄层泥质白云岩,含细粒星散状和结核状黄铁矿,不稳定,时有尖灭。

收稿日期:2014-01-15

作者简介:胥虹(1987-),男(汉族),四川人,核工业天津工程勘察院助理工程师,勘查技术工程(岩土钻掘方向)专业,从事钻探技术工作,天津市宝坻区核工业247大院,314934542@qq.com。

(4) 石炭系下统摆佐组( $C_1b$ ), 厚 63.64 ~ 111.27 m。

浅灰、灰白色厚层~块状粗晶白云岩, 下部 25 m 左右为细晶白云岩, 底部 3~8 m 为深灰色中~细晶白云岩, 含较多的灰绿色粘土岩团块及条带, 为见矿标志层。

(5) 九架炉组( $C_1jj$ ), 厚 0~25.09 m。

矿区内隐伏于地下, 按岩矿组合特征, 可划分为 2 段:

上段(铝质岩段): 上部为灰绿色或杂色粘土岩, 下部为灰色, 灰白色铝土矿或铝土岩, 铝土岩多赋存于铝土矿的上部或下部, 常含黄色、暗灰色黄铁矿结核和团块, 厚 0~19.67 m。

下段(铁质岩段): 由暗红色赤铁矿、紫红色铁质粘土岩、灰绿色绿泥石粘土岩组成, 局部含黄铁矿及菱铁矿结核或团块, 厚 0~6.34 m。

(6) 寒武系中上统娄山关群( $\epsilon_{2-3}ls$ )。

矿区内隐伏于地下, 为浅灰、肉红色薄~中厚层状细晶白云岩, 夹少量黄绿色粘土质页岩, 揭露厚 73.38 m, 未见底。

## 2 施工难点

### 2.1 前期施工情况

ZK3369 孔前期钻进时选用了 HXY-500 型钻机, BW150 型泥浆泵, 采用清水作为冲洗液。开孔孔径 110 mm, 钻进至 16 m 时遇到基岩, 下好  $\varnothing 108$  mm 定向管后, 换  $\varnothing 91$  mm 钻具钻进, 钻进 1.1 m, 孔底就开始漏水。继续钻进至 22 m 时发生卡钻现象, 同时发现采取率只有 30%, 取上来的岩心只有个别成柱状, 大多数成块状, 棱角锋利(见图 1)。由此判断该段地层掉块严重, 于是立即采用水泥封孔措施, 水泥封孔时采用了速凝剂, 然而水泥并未在钻孔中堆积, 连续 2 次封孔皆未取得成功, 于是下入  $\varnothing 89$  mm 套管, 套管在下到 20 m 时遇阻, 采用强力下压的方式下到 22 m, 采用 S75 绳索取心钻具钻进, 钻进至 28 m 发现钻机负荷有所增加, 取心后难以加杆, 需要反复扫孔才能加杆钻进。一旦出现不再进尺, 起钻就会发现钻头和扩孔器已经磨损严重, 不能使用, 更换钻头、扩孔器后下钻下到 28 m 时, 又需要再次扫孔才能加杆钻进。随着孔深增加钻机负荷也越来越大, 只能换低转速钻进。如此反复操作, 由于钻头磨损严重, 进尺能力有限, 连续几天下来只能钻至 45 m, 钻头和扩孔器却消耗无数。



图 1 取出的岩心

### 2.2 难点分析

面对着几天工作毫无进展, 通过和地质部门的共同探讨分析, 得出以下几点看法。

(1) 该孔漏孔严重, 泥浆护壁堵漏措施无效, 采用专门的堵漏技术也是徒劳, 增加成本并且浪费时间。

(2) 该区地层可能遭受过强力构造, 导致岩心破碎, 胶结力极差, 坍塌掉块现象明显, 如不隔离, 钻具难以继续钻进。

(3) 该区有燧石灰岩地层, 胎体硬度小于 HRC25 金刚石钻头才能进尺, 钻进效率本来就低, 加上地层破碎, 更增加了钻进难度。

(4) 地质部门推测, 栖霞组第一段为深灰色薄~中厚层状生物碎屑灰岩与灰黑色薄层生物碎屑泥质灰岩互层, 具波状层理, 该段地层比栖霞组第二、第三段的塑性强度大, 胶结力好, 理论形成褶皱构造, 不会纵向形成断裂, 地层稳定, 不会掉块。由此推测破碎坍塌掉块层厚度大概 100 m 左右。

结合现有的设备和多年的施工经验, 决定采用套管跟进与绳索取心组合钻探技术处理现有难题, 其理论依据为:

(1) 套管跟进技术采用在普通套管前段安装无内径钻头的钻进工艺, 能在钻机驱动力带动下钻进扩孔;

(2) 因为套管外径只比孔径小 2~4 mm, 可以阻止松散岩块掉落, 松散岩石与套管接触面比使用钻杆时候的接触面要小, 故而套管转动阻力小, 可以实现跟管钻进;

(3) 采用多层套管跟进解决跟管钻头磨损而不进尺和随着孔深增加套管难转动的难题;

(4) 采用套管跟进与绳索取心组合钻探技术能够保证取心率。

### 3 钻进工艺

#### 3.1 设备及器具的选择

结合现场具体情况以及施工技术的要求,选用 YDXD-800BX 型便携式全液压钻机(自带泥浆泵);配  $\phi 127$  mm 套管 20 m,  $\phi 130$  mm 电镀金刚石钻头 1 个,  $\phi 110$  mm 跟管钻具一套( $\phi 108$  mm 套管 70 m,  $\phi 110$  mm 电镀金刚石跟管钻头 1 个),  $\phi 91$  mm 跟管钻具一套( $\phi 89$  mm 套管 100 m,  $\phi 91$  mm 电镀金刚石跟管钻头 1 个);S95、S75 绳索取心钻具各一套。其中钻头胎体硬度 HRC25。

#### 3.2 钻进施工

(1)首先采用  $\phi 130$  mm 钻具扩孔至基岩层,然后下入  $\phi 127$  mm 套管,隔离第四系松散地层,并将套管固定。

(2)安装  $\phi 110$  mm 跟管钻具,并且在每一根套管上抹上废机油(用于跟进时润滑套管,减轻与地层接触摩擦系数),下入孔内,孔口用麻绳固定,等待下一步扩孔。

(3)S95 绳索取心钻具与  $\phi 110$  mm 跟管钻具配合。先下 S95 绳索取心钻具,正常钻进取心,当出现钻机负荷增加,提出绳索取心钻具,安装  $\phi 108$  mm 套管变丝,接上  $\phi 108$  mm 套管,除去麻绳固定,开机扩孔钻进至 S95 绳索取心钻具钻进深度,再次套管固定。然后 S95 绳索钻具钻进取心,重复该过程,直至套管转动扩孔扭矩过大或者是跟管钻头磨损不进尺时终止该操作。提出 S95 绳索取心钻具。

(4)S75 绳索取心钻具与  $\phi 91$  mm 跟管钻具配合。钻进方法同(3)。

(5)进入完整地层后采用 S75 绳索取心钻具钻进至设计孔深。

套管级配见图 2。

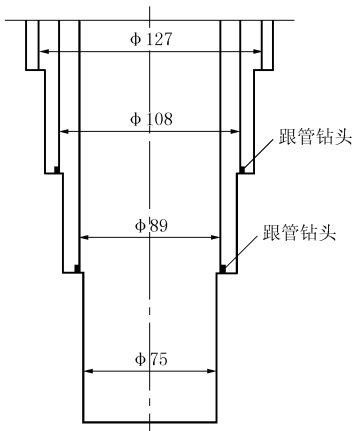


图2 套管级配图

#### 3.3 施工中遇到的问题及解决措施

方案确定后,进行施工,S95 绳索取心钻具与  $\phi 110$  mm 跟管钻具配合,当 S95 绳索取心钻具钻进至 65 m 后,因钻机负荷太大而提钻,而  $\phi 110$  mm 跟管钻具在钻进至 42 m 后,钻机负荷增大,为增加跟管扩孔深度,在跟管扩孔时加入废机油、皂化油等润滑剂减小了套管与孔壁的摩擦,最后  $\phi 110$  mm 跟管钻具跟进深度 62.5 m 不再进尺,判断为跟管钻头已磨损严重,不能使用。

S75 绳索取心钻具与  $\phi 91$  mm 跟管钻具配合,施工较为顺利,S75 绳索取心钻具在孔深 92 m 处见到完整岩心(见图 3),但是  $\phi 91$  mm 跟管钻具扩孔至 85 m 时,钻机负荷变小,不再进尺,只能提钻更换跟管钻头,这次跟管扩到了孔深 93 m,稳定  $\phi 89$  mm 套管。采用 S75 绳索取心钻具完成了钻孔任务。



图3 岩心从破碎到完整过渡照片

### 4 施工效益

ZK3369 孔采用套管跟进与绳索取心组合钻探技术后,经过 8 天的钻探施工顺利完成了该孔的钻探任务,实现了在复杂地层钻进 10.4 m/台班的效率。最终孔深 250.58 m,钻孔孔斜  $2^{\circ}00'$ ,全孔采取率 88%,矿心采取率高达 99%,属优质孔。该孔钻进中使用的套管最后都顺利拔出,除跟管钻头磨损严重不能利用外,套管磨损轻微,可以再次利用,大大降低了施工成本。

### 5 结语

套管跟进与绳索取心组合钻探技术能在破碎漏孔坍塌掉块的灰岩地层中成功运用关键在于以下 5 点。

(1)套管护壁解决地层破碎漏孔坍塌掉块,胶结性差的特性。

(下转第 30 页)

在大口径钻孔的施工中,尤其是超大口径,泥浆的使用和管理有其特殊之处。一方面,泥浆净化设备的安装是必不可少的,最好是振动筛和旋流器同时使用。另一方面,由于钻孔容积较大,为避免钻进阶段井筒内泥浆面突然降低,因此在井口附近布置泥浆调节池,并尽量靠近井位。为储存换浆和安放井管过程中产生的废浆,需在施工现场开挖大容积的废浆储存池。

### 3.4 钻具管理

在钻进过程中,尤其是在大直径钻头扩孔时,常常发生的钻具事故为钻杆折断、组合钻头掉牙掌以及引路导向钻头掉入孔内等事故。在施工过程中除了严格钻具质量检查外,把好加工部件的保质控制尤为为重要。

扩孔钻进时,切割带宽度的确定要根据钻机能力和使用的钻头质量在施钻中合理确定,并不断优化。根据我院大量的实践总结,切割带宽度(单边)一般控制在50~100 mm,太大的话,设备能力、钻杆柱强度和钻头质量一般很难满足,太小的话则增加了扩孔次数,又不利于成本控制和施工进度。在扩孔时,尽量采用2级交替扩孔的方式进行,这样可以为组合钻头的加工和维修留出时间,既不影响施工所用,又节约成本。

在组焊扩孔钻头时,要采取各牙掌在同一平面的技术措施,同时,应保证有足够数量的牙掌处于工作面上。牙掌是否在同一平面和是否有足够的数量,直接影响着钻杆寿命以及能否平稳钻进。根据经验,单个牙掌的中心间距一般不应该大于300 mm,否则,断钻杆的概率将大大增加。引路导向钻

头的连接除了将丝扣上紧外,应用焊片进行加固,以防掉入钻孔,同时要准确纪录导向钻具的尺寸,以便一旦发生掉落事故能够采用切实可行的处理工具。

## 4 结语

通过对多个大口径钻孔工程不同施工方法的实践总结,决定进度和质量的关键因素是钻孔垂直度的控制,因此,此类工程,在技术方法上,一般先施工导向孔,然后再分级扩孔。就施工管理的重点来说,一是要制订适合于工程特点的钻进方法,选择适用的钻进工具;二是配备足够的人力、设备、材料和资金资源,保证设备的良好运行、人员的合理组织和高效工作、材料的及时供应和资金的及时到位;三是在下管和固井关键环节上,确保施工现场生产调度工作协调到位,合理安排施工顺序和施工机具、设备,减少场内交叉施工的影响,保证施工顺利进行;同时要充分估计工作中可能发生的问题并制定相应的预防措施。

## 参考文献:

- [1] 杨引娥. 煤矿送料孔、通风孔及救援孔钻进技术[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2013, 40(3): 60-65.
- [2] 刘正斌, 王伟, 周青荔, 等. 定向钻探技术在大口径钻孔施工中的应用[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2004, 31(6): 49-51.
- [3] 杜贵亭. 超大口径瓦斯抽排井施工技术[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2010, 37(12): 46-50.
- [4] 李宏伟, 李磊, 刘完全. 淮南张集煤矿1号大口径瓦斯抽排井施工实践[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2002, (6): 15-16.
- [5] 彭桂湘. 大口径工程井套管事故及预防技术措施[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2010, 37(8): 47-50, 53.

(上接第24页)

(2) 阻止套管转动的阻力主要是掉块与套管的摩擦阻力。由于有套管的护壁使之没有大面积坍塌,接触面积少,阻力就小,动力就能传递给跟管钻头破岩做功。

(3) 采用两级套管跟进方案,解决了因孔深的增加导致套管与孔壁摩擦阻力增加,动力就不能传递给跟管钻头破岩做功,增加了套管跟进的深度。

(4) 废机油的使用,减轻了套管摩擦阻力,增加了套管跟进的深度

(5) 采用了全液压钻机,因为其3.3 m长行程油缸,降低了套管跟进钻具和绳索取心因加杆而反

复扫孔次数,提高了钻进效率。

## 参考文献:

- [1] 唐风林, A. Γ. 加里宁, 杨学涵. 岩心钻探学[M]. 湖北武汉: 中国地质大学出版社, 1997.
- [2] 李世忠. 钻探工艺学(上册)[M]. 湖北武汉: 中国地质大学出版社, 2008.
- [3] 鄢捷年, 等. 钻井液工艺学[M]. 山东东营: 中国石油大学出版社, 1993.
- [4] 范国容. 套管跟进技术在流沙地层中的应用[J]. 科技致富向导, 2012, (6).
- [5] 赵大军, 索忠伟. 岩土钻凿设备[M]. 吉林长春: 吉林大学出版社, 2004.