

# 湖北磷矿复杂地层深孔钻探施工工艺

胡成涛<sup>1</sup>, 郑门关<sup>1</sup>, 周红心<sup>2</sup>, 许华松<sup>2</sup>

(1. 中化地质矿山总局湖北地质勘查院, 湖北 荆州 434000; 2. 中国冶金地质勘查总局中南局, 湖北 武汉 430081)

**摘要:**介绍了湖北兴山磷矿复杂地层深孔钻探施工工艺。针对复杂地层合理选择了钻头和钻进工艺参数;对破碎孔段采用优质泥浆钻进后,下套管稳定孔壁;对坍塌、掉块严重的孔段采用水泥浆封孔固壁;同时合理选择了绳索取心钻具,利用 XY-5 型钻机,完成了复杂地层 1930 m 深孔钻探任务。

**关键词:**复杂地层;深孔钻探;封孔固壁;绳索取心

**中图分类号:**P634.5 **文献标识码:**A **文章编号:**1672-7428(2010)11-0019-03

**Construction Technique of Deep Hole Drilling in Complex Phosphate Rock/HU Cheng-tao<sup>1</sup>, ZHENG Men-guan<sup>1</sup>, ZHOU Hong-xin<sup>2</sup>, XU Hua-song<sup>2</sup>** (1. Hubei Geological Prospecting Institute, China Chemical Geology and Mine General Bureau, Jingzhou Hubei 434000, China; 2. Central South Metallurgy Geological Exploration Company, Wuhan Hubei 430081, China)

**Abstract:** The paper presents the construction technology of deep hole drilling in complex strata in Xingshan phosphate mine of Hubei province. The bit and drilling technology parameters were properly chosen for drilling in the complex strata. High quality drilling fluid was used in fractured hole section drilling with case for hole wall stability, cementing was used in serious collapsing and block-falling sections and wire-line coring tools and XY-5 type driller were used to complete 1930 m deep hole in complex strata.

**Key words:** complex strata; deep hole drilling; sealing; wire-line coring

## 1 工程概况

近年来,中化地质矿山总局湖北地质勘查院在湖北鄂西地区寻找深部磷矿过程中,施工的钻孔大都在 1000 m 以上。2009 年完工的玉林矿区 ZK002 钻孔,孔深 1930 m,创下了湖北地质勘查院历年以来钻探孔深记录。

玉林 ZK002 钻孔位于湖北兴山瓦屋磷矿以东,在神农架磷矿和宜昌磷矿之间。著名的新华大断裂就在其东南,受其影响,本区域的含磷岩系深埋于 1000 多米之下,且具有良好的找矿前景。2009 年初,中化地质矿山总局湖北地质勘查院开展了该地区的地质调查,并施工了 2 个钻孔进行验证,玉林 ZK002 钻孔便是其中关键一钻。通过该孔施工,为湖北地质勘查院的找矿工作向第二贮矿区空间进军积累了经验。

玉林 ZK002 钻孔设计深度 1900 m,实际钻进深度 1930 m。该钻孔于 2009 年 9 月 10 日开孔,2010 年 1 月 20 日终孔。钻探台月为 4 个台月,纯钻进时间 1200 h,完成钻进回次 1010 回次,有效进尺 1930 m,全孔无报废进尺米数。

钻孔地质要求主要指标完成情况:岩心采取率

为 85.2%,矿心采取率 98%;水文观测次数 350 次,为标准的 100%;钻具丈量 21 次,平均误差 < 0.3%;全孔测斜 21 次,终孔 1930 m 处测量钻孔弯曲度数据为顶角 4.2°、方位角 93.2°。

## 2 ZK002 钻孔穿越的地层及岩性情况

### 2.1 地层

本钻孔穿越地层自上而下为:第四系、寒武系、震旦系及神农架群,矿区岩层属沉积地层。

第四系为坡积、残积物,厚度 4.6 m;寒武系以灰岩为主,本钻孔揭穿厚度为 655 m;震旦系为白云岩、硅质白云岩,常夹燧石条带或团块,磷矿层赋存于该层的下部,本钻孔揭穿该层厚度为 1270.4 m。

### 2.2 构造

本矿区上部地层岩层倾角平均 10°~25°,产状较陡,往下产状逐渐趋于平缓,岩层倾角平均 10°左右。受地质作用的影响,上部岩层节理发育,岩石较为破碎,孔深 151~320 m 段为 170 m 厚的破碎带。全孔岩石裂隙发育,岩层透水性强,孔内漏失严重,清水钻进孔口基本不返水。

### 2.3 岩性

收稿日期:2010-07-28

作者简介:胡成涛(1966-),男(汉族),湖北人,中化地质矿山总局湖北地质勘查院探矿技术负责人、高级工程师,探矿工程专业,从事探矿技术与管理工作,湖北省荆州市。

上部岩性主要为灰岩,成分碳酸钙,较软,研磨性弱,可钻性4级左右;下部岩性主要为白云岩、硅质白云岩,岩石硬度较高、研磨性中等,可钻性5~7级;局部含有较多燧石层,燧石呈不规则条带和团块状分布,其岩石致密、硬度大、研磨性弱,可钻性达10级以上。钻进至1300~1700 m和1800~1900 m两段时遇坚硬的硅质地层和燧石条带,有时日进尺不足1 m。

### 3 钻探设备、钻具和钻头的选择

#### 3.1 设备的选择

湖北地质勘查院以前未施工过1900 m深的钻孔,也没有2000 m深孔钻探的钻机。近几年多个矿区数十个1000 m左右深孔施工经验的积累,认为XY-5型钻机的潜能还有可能发挥,因此,我们决定采用现有的XY-5型钻机施工。同时,广泛了解深孔钻探机械设备信息,以便随时进行设备更换。

考虑到本矿区地层的复杂性和设备能力不足,施工前进行了精心的组织;施工中既重视传统的经验,又结合实际进行技术攻关,及时总结和调整钻探工艺,使用优质的化学泥浆,选择先进、可靠的钻具,保障XY-5型钻机充分发挥它的潜能,圆满地完成了任务。

#### 3.2 钻杆的选择

众所周知,深孔钻进和复杂地层钻进中常见事故是孔内断钻杆。断钻杆事故不管能否顺利处理好,总要延缓工期,造成钻探成本提高。断钻杆事故发生与钻杆的质量有关,还与钻孔的状况、操作技术等因素有关。

绳索取心钻进的效率能否得到有效的发挥,与钻具质量的优劣有直接的关系,它主要影响着内管的投放和打捞成功率,甚至引起孔内事故发生。一方面,钻具在孔内经过长时间钻进所产生的磨损和疲劳,材质不过关的钻具极易变形、弯曲或断裂;另一方面,弯曲与变形的钻杆更严重地敲打和碰击孔壁岩石,造成自身磨损加快和孔内掉块隐患。因此,绳索取心钻进对钻杆有很高的要求。通过对钻具供应厂家进行慎重的考察和评比后,选择了武汉金地探矿机械有限公司生产的系列绳索取心钻具。

#### 3.3 钻头的选择

选择武汉金地探矿机械有限公司生产的电镀钻头。对于灰岩地层钻进,岩性较软,研磨性低,可钻性4~5级,钻头参数:8个水口,金刚石浓度95%,金刚石粒度50/60目,胎体硬度HRC30。

白云岩、硅化白云岩,岩石硬度较高、研磨性中等,可钻性5~7级,钻头参数:8个水口,金刚石浓度95%,金刚石粒度50/60目,胎体硬度HRC25。

含燧石的地层中钻进,由于燧石结构致密、硬度高、研磨性弱,可钻性达10级以上,因此,在钻头的选择上应注意2个方面:一方面要求胎体较软,硬度较小;另一方面,要求钻头应有较长的使用寿命,以免经常起大钻,增加辅助时间,影响钻探效率。为此,厂家特制了一款同心圆尖齿钻头,具体参数:8个水口,金刚石浓度75%,金刚石粒度50/60目,钻头胎体硬度HRC20,钻进效果比较理想。

### 4 ZK002 钻孔分层钻进及钻进工艺

#### 4.1 开孔

开孔地层为第四系表土层,厚度0~4.6 m, $\varnothing 110$  mm钻头开孔钻进至孔深6 mm,下 $\varnothing 108$  mm孔口管5.8 m。

#### 4.2 一次换径

一次换径在孔深6 m处,由开孔孔径 $\varnothing 110$  mm换为 $\varnothing 76$  mm设计终孔直径钻进。在钻进至孔深151 m处时,遇强破碎带,钻进时钻机负荷加大,电动机电流突然变大,停车时有严重的回车现象;提钻后发现钻杆上粘有大量的黄泥;下钻钻具不能到底,孔壁坍塌、孔底大量积砂,钻进受阻。之后扩孔、换径钻进、下套管。

#### 4.3 二次换径

孔深6~151 m孔段,孔径由 $\varnothing 76$  mm扩至 $\varnothing 91$  mm;过151 m后,仍用 $\varnothing 91$  mm钻头钻进,至孔深320 m处,确认穿过破碎带,地层已变完整后,下入 $\varnothing 89$  mm套管,隔离该孔段破碎带。

在穿过该段钻孔时,采用优质泥浆钻进,克服了孔壁坍塌、掉块以及泥浆严重漏失的不利局面。用时1个多月,顺利地將套管下到孔深320 m处,为下部的钻进创造了条件。

泥浆参数与性能:使用高分子有机聚合物,聚丙烯酰胺(分子量120万单位)、防塌剂、护壁剂、“801”堵漏剂。以泥浆池内 $10\text{ m}^3$ 的水为基准溶剂,加聚丙烯酰胺2.5 kg、防塌剂150 kg、护壁剂75 kg。仪器实测泥浆的各项性能指标:密度 $1.02\text{ g/cm}^3$ 、粘度16 s、pH值8。

#### 4.4 三次换径

套管下入孔深320 m处,换 $\varnothing 76$  mm钻头钻进,钻进至终孔深度1930 m。第三次换径后,钻进工艺参数的变化分为3个阶段。

第一阶段,为孔深320~1000 m孔段,在该孔段钻进,岩石基本完整,硬度不高,钻进参数如下:

钻机转速:视孔内情况,选择906 r/min和577 r/min两挡钻进,在确保钻孔和设备安全的前提下,选择高转速;

钻压:随钻孔的深度增加,逐步增大减压数值;经过摸索,孔底钻头压力在8~10 kN为安全经济钻压;

泵量:地层不漏失时选择57 L/min,地层漏失时选择72 L/min;在钻进过程中还应视泵压表的变化来控制泵量,当泵压在1 MPa以下时,可以适当地加大泵量,当泵压在2 MPa以上时,应视情况适当减小泵量。

第二阶段,为孔深1000~1700 m孔段,在该孔段范围钻进,岩层比较复杂,必须集中精力操作,严格控制钻进参数。各钻进参数如下:

钻头转速:钻具的润滑性良好,转速严格控制在577 r/min或以下,严禁换高档位钻进;

钻压:孔底钻头压力控制在6 kN左右,不得随意增加钻压;

泵量:不论地层是否漏失,均选择72 L/min的泵量钻进。

第三阶段,为孔深1700~1930 m孔段,在该孔段范围钻进,属非常规操作钻进。此时的钻具重力在150~180 kN之间,而钻机的极限减压能力最大150 kN。也就是说,超过1700 m减压钻进时,除了利用钻机的液压系统减压外,还得使用升降机辅助减压,这在钻探安全操作规程中是不允许的。

第三次换径后,全孔使用泥浆钻进。虽然孔内漏失严重,但经过有效的堵漏,钻进时孔内的水位始终保持在100 m左右。水位的提升保证了孔壁的稳定、钻具的减振和岩粉的悬浮,从而大大地减少了孔内事故隐患。孔内100 m以上无水位处,钻具采取抹黄油的方法润滑。

孔深320 m以后钻进,未遇上复杂地层,因此,泥浆的配制只使用了聚丙烯酰胺,另辅以润滑剂改善泥浆润滑性能。

泥浆的配制:聚丙烯酰胺 $0.25 \text{ kg/m}^3$ ,高效润滑剂 $2.5 \text{ kg/m}^3$ 。

钻孔在600~620 m孔段,孔壁有两处经常出现

掉块。经分析,620~660 m换层为寒武系的水井沱岩层,属隔水层。则620 m以浅岩层长期处于地下水的侵蚀,加上在此处分层的上下岩层的不整合接触,在侵蚀和应力的作用下,此处出现掉块属于正常。对该处的处理方法,首先尝试频繁地提钻具超过掉块部位,利用钻具的抽吸和泥浆的激荡作用破坏孔壁,扫除残留掉块,但由于此处过于破碎,这种处理方法效果不很理想。为此,只好采用水泥封孔固壁。由于地层产状的缘故,层间水有一定的压力,即所谓的承压水,钻孔钻穿隔水层至下部的含水层后,必然会打破层间水的压力平衡,钻孔与大气相通,由于压差的作用,下部的水就存在向上的顶力。此时,用水泥封孔后,如果不采取措施,部分水泥浆液就会被下部的水流稀释而不得凝固,也就达不到封孔固壁的目的。解决的方法是:灌注水泥时,待池中的水泥浆抽完后,先用聚丙烯酰胺泥浆作为一部分替浆水替浆(其作用是隔住上部水与水泥浆的混合),再抽入计算好的替浆水用量,待水泥浆液灌注到位后,在孔口进行补水或灌粘土泥浆进行反加压,以抵消下部水的顶力,使水泥浆液在孔内处于静态平衡的状态下凝固。该方法收到了较好的效果。

## 5 结语

湖北兴山磷矿复杂地层深孔钻探施工表明,针对复杂地层的不同孔段必须采用合理的钻进技术,合理选择钻进工艺参数。对破碎孔段采用优质泥浆钻进,必要时可下套管稳定孔壁;对坍塌、掉块严重的孔段采用水泥浆封孔固壁是稳定孔壁的有效措施。

同时,合理选择绳索取心钻具,配制优质泥浆,采取积极的攻关措施,利用XY-5型钻机,才能够完成复杂地层1930 m深孔钻探任务。

## 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] 张春波,等. 绳索取心金刚石钻进技术[M]. 北京:地质出版社,1985.
- [3] 李世忠. 钻探工艺学[M]. 北京:地质出版社,1992.
- [4] 许华松,覃强华,熊海书. JD直连式深孔绳索取心钻杆的研制与应用[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2008,35(10):33-35.