

# 承德 M24 矿区深孔钻探钻进参数的选择分析

段鸿海<sup>1</sup>, 胡春跃<sup>2</sup>

(1. 河北地质职工大学, 河北 石家庄 050081; 2. 河北省地矿局第四地质大队, 河北 承德 067000)

**摘要:**结合承德 M24 矿区深孔钻探工程,对钻进参数的选择情况进行了分析。分析认为,深孔钻进中,钻进压力的选择要综合考虑钻进的口径大小,岩石的硬度、强度、研磨性、完整性;在一定范围内,金刚石钻头的钻进压力和转速成正比关系;冲洗液的选择应根据钻头类型与规格,胎体性能,钻孔深度,岩石研磨性、完整程度等来选择;适当扩大金刚石钻头的外径尺寸,能有效地避免高泵压的危害;可通过观察钻机主电机的电流指示表数值变化,判断孔内钻杆工况,电流的变化反映出钻机回转扭矩的变化。

**关键词:**深孔钻探;钻进压力;转速;泵量;泵压;主机电流

**中图分类号:**P634.5 **文献标识码:**A **文章编号:**1672-7428(2011)03-0017-04

**Selection Analysis on Drilling Parameters of Deep Drilling in M24 Mining Area of Chengde/DUAN Hong-hai<sup>1</sup>, HU Chun-yue<sup>2</sup>** (1. Hebei Vocational College of Geology, Shijiazhuang Hebei 050081, China; 2. No. 4 Geological Party, Hebei Bureau of Geology and Mineral Exploration, Chengde Hebei 067000, China)

**Abstract:** With the deep drilling project of M24 mining area in Chengde, analysis was made on the application effect of selection of drilling parameters. In deep hole drilling, drilling pressure should be selected by considering the drilling diameter; hardness, strength, abrasiveness, integrity of rock. Within a certain range, the ROP of diamond bit is proportional to the rotary speed; the selection of flushing fluid should be based on the bit type and size, matrix properties, drilling depth, rock abrasiveness and integrity; the appropriate enlargement of the outside diameter of diamond bit can effectively avoid the hazards of high pressure pump; down-hole drill rod conditions can be determined by observing the changing value of current in current instruction sheet of main motor. Current changes reflect the changes of rotary torque of the drill.

**Key words:** deep drilling; drilling pressure; rotary speed; pump output; pump pressure; main motor current

## 0 引言

随着我国经济和社会的持续快速发展,对矿产资源和消耗逐年增加,使矿产资源可采储量下降、资源紧缺的矛盾日益突出,矿产资源的短缺已成为制约我国经济发展的“瓶颈”问题。开展深部找矿,快速发现矿产资源后备基地,已成为保证国家经济安全的十分迫切的战略任务。

钻探工程在深部找矿中起着最终决定性、不可替代的关键作用。深孔钻探给钻探技术提出了新的、更高的要求。研究可靠、适用的深孔组合钻探技术,实现优质、高效、经济的深孔钻探,对钻探技术的发展具有重要意义,对缓解我国资源压力将产生深远的影响。

为更好地分析和把握深孔钻探中对钻进参数的选择,本文对承德 M24 矿区深孔钻探钻进参数的选择进行了一定的总结分析,供借鉴参考。

## 1 工程概况

### 1.1 工程背景

承德国家大型钒钛磁铁矿的深部勘探工作,地点为河北省隆化县大乌苏沟(M24)地磁异常矿区。该矿区矿体延深已超过 2000 m,急需采用深部钻探手段进行验证。此矿区已进行了部分深孔钻进施工和技术研究,创造过利用国产设备及国产钻具开展小口径金刚石绳索取心钻进最深的全国纪录,积累了较丰富的技术经验和数据。

### 1.2 矿区岩性特征分析

矿区位于黑山基性杂岩体西北部边缘,杂岩体由斜长岩和苏长岩组成。

斜长岩:为先期侵入产物,分布很广,面积较大,蚀变较强。主要由乳白色的钠黝帘石化的斜长石组成,次有绿泥石、纤闪石等蚀变矿物。根据蚀变程度,将斜长岩分为白色斜长岩、绿泥石化斜长岩、纤闪石化斜长岩、阳起化斜长岩等,是组成含矿体的主

收稿日期:2010-12-20; 修回日期:2011-01-02

作者简介:段鸿海(1968-),男(汉族),河北石家庄人,河北地质职工大学副教授,探矿工程专业,硕士,从事钻探技术及岩土工程的教学与科研工作,河北省石家庄市中山西路 901 号, dhh1968@163.com; 胡春跃(1955-),男(汉族),河北三河人,河北省地矿局第四地质大队副总工程师、高级工程师,探矿工程专业,从事钻探技术研究工作,河北省承德市大石庙镇偏岭地质科技大厦, huchunyue55@126.com。

要围岩。属中粗粒结构,块状构造。

苏长岩:为后期侵入产物,呈各种不规则形态侵入斜长岩中。岩石呈暗灰色至灰黑色,主要有暗色斜长岩和少量紫苏辉石、单斜辉石等组成,是组成含矿体的直接母岩。属中粗粒伟晶结构,块状构造。

经岩石力学测试,地表岩石极限抗压强度为 95.12 ~ 157.89 MPa,内摩擦角 84° 以上,普氏系数 12 ~ 18。深部岩石极限抗压强度为 69.04 ~ 251.15 MPa,内摩擦角 81° 以上,普氏系数为 7 ~ 26。

斜长岩约占 80% 以上,结构致密坚硬,研磨性较弱,可钻性 7 级,部分 8 ~ 9 级;苏长岩硬度、研磨性中等,可钻性 6 级左右;铁矿石可钻性 8 级。总平均矿区岩心可钻性为 7.5 级。

主矿层分布在 800 ~ 1800 m 之间,埋藏较深。

复杂地层主要是断裂构造影响而成,分布深度在 800 ~ 1400 m 之间,代表岩石为糜棱岩,结构松散破碎,易产生吸水膨胀、缩径、掉块、坍塌等现象。

### 1.3 M24 矿区典型钻孔结构

M24 矿区典型钻孔结构见图 1。

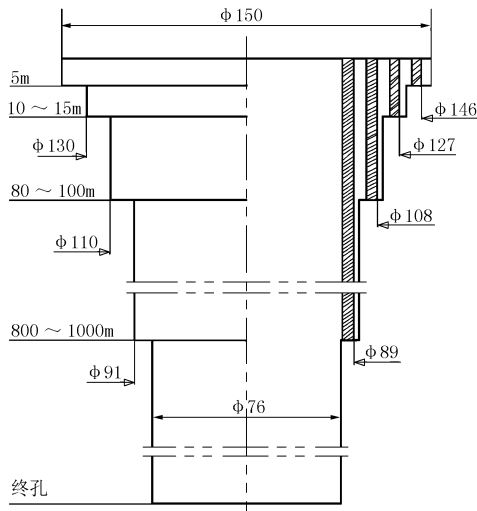


图 1 典型钻孔结构设计图

## 2 钻进技术参数选择与分析控制

钻进参数主要是指转速、钻压、冲洗液量,但影响金刚石钻进技术参数的因素很多,相互制约、相互关联,如:岩石的物理机械性质,钻孔深度、直径和结构,钻探设备和钻具,钻头类型,冲洗液类型、参数等。应根据具体条件进行综合分析,正确选用转速、钻压、冲洗液量和泵压,以便获得最佳的钻进技术经济指标。

### 2.1 钻进压力的选择

合理选择钻进压力是金刚石钻头有效破碎岩

石、提高效率、减少金刚石消耗的重要保证。因此,根据岩石的硬度、强度、研磨性、完整性,金刚石钻头结构、唇面面积、机械性能来确定合理的钻进压力。

ZK2402 孔,80 m 以浅孔段,分别为  $\phi 150$ 、130、110 mm 三种口径钻进,钻压分别控制在 5 ~ 8、6 ~ 12、10 ~ 20 kN。81 ~ 892.51 m 孔段,为  $\phi 91$  mm 口径钻进,钻压为 17 ~ 21 kN,其中,在钻穿构造断裂带时,钻压为 13 ~ 17 kN。892.51 ~ 1905.92 m 孔段,为  $\phi 76$  mm 口径钻进,钻压为 16 ~ 20 kN。苏长岩地层钻进压力小于斜长岩地层钻进压力,苏长岩地层中钻进,压力选择在 17 ~ 19 kN。在斜长岩地层中钻进,压力的选择范围在 18 ~ 21 kN 之间。

ZK2407 孔,孔深 0 ~ 84.06 m 孔段,分别为  $\phi 150$ 、130、110 mm 三种口径钻进,钻压分别控制在 6 ~ 9、7 ~ 12、10 ~ 19 kN。84.06 ~ 177.47 m 孔段,为  $\phi 91$  mm 口径钻进,钻压为 16 ~ 22 kN。在断层中钻进时,由于地层严重破碎,将钻压降到 12 ~ 18 kN。1177.47 ~ 2001.42 m 孔段,为  $\phi 76$  mm 口径钻进,钻压为 16 ~ 20 kN。此孔主要岩石为苏长岩和斜长岩,苏长岩地层钻压要较斜长岩地层钻压低 0.5% ~ 0.1%。

实践证明,钻进压力的选择要综合考虑钻进的口径大小,岩石的硬度、强度、研磨性、完整性。随着孔径的减小,比压应不断地增大;由于斜长岩结构致密坚硬,研磨性较弱,而苏长岩硬度、研磨性中等,故选择苏长岩地层钻进压力小于斜长岩地层钻进压力;在断层中钻进时,由于地层严重破碎,将钻压适当降低。这样既不压坏钻头,又保证了进尺。

### 2.2 转速的选择

施工中,对于 XY-6 型立轴液压钻机具体选用转速挡为 217、373、389 r/min。

根据 ZK2407 孔的实际记录资料,绘制了该孔在不同转速下的机械钻速曲线(见图 2)。

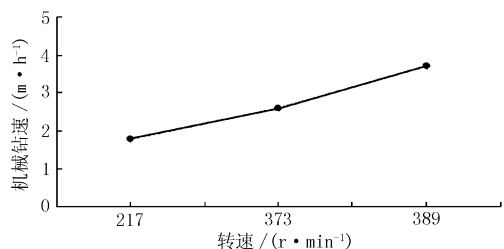


图 2 ZK2407 孔钻进钻速与转速关系曲线图

实践证明,在一定范围内,金刚石钻头的钻速和转速成正比例关系,但钻头旋转速度不能过大,否则就有烧钻的危险。以  $\phi 75$  mm 孕镶绳索取心金刚石

钻头为例,在结构致密坚硬、研磨性较弱的斜长岩到硬度、研磨性中等的苏长岩地层中钻进,最佳转速选取为200~400 r/min,实践证明这个转速是适用的。

随着转速的增加,机械钻速也相应增加,在一定范围内转速越高,机械钻速越高。所以只要设备和地层条件允许,尽可能开动高转速。

### 2.3 冲洗液量(泵量)

冲洗液量是钻探工程的重要参数之一。它的大小应根据钻头类型与规格、胎体性能,钻孔深度,岩石研磨性、完整程度等来选择,计算公式如下:

$$Q = KD$$

式中: $Q$ ——泵量, L/min;  $K$ ——经验系数,取8~10 L/min;  $D$ ——钻头直径, cm。

以 $\varnothing 75$  mm孕镶金刚石钻头为例,计算得泵量 $Q = (8 \sim 10) \times 7.5 = 60 \sim 75$  L/min。实际钻进过程中,我们所使用的BW320型泥浆泵,常用泵量为66 L/min,适用于 $\varnothing 75$  mm口径的金刚石绳索取心钻进,钻进效果良好。

金刚石钻进,冲洗液的选择要满足携带岩粉、冷却钻头的要求,需注意,泵量不宜过大,否则对钻孔孔壁会产生较大的破坏作用。

### 2.4 泵压

金刚石绳索取心钻进中极易形成高泵压,对孔壁损坏极大。为此,我们在设计中扩大了金刚石钻头的外径尺寸,将外出刃扩大了3~5 mm,即 $\varnothing 91$  mm钻头,外径增大到93~95 mm;  $\varnothing 75$  mm钻头,外径增大到77~79 mm。增加了钻具与孔壁之间的间隙。

由于采用非标钻头钻进,正常钻进时泵压为2~4.5 MPa,泵压较低。生产实践中有效地避免了高泵压的危害,减少了孔壁的破坏,改善了孔内循环空间,实现了孔内安全,钻进效果良好。此项措施使我们受益匪浅。

### 2.5 主机电流

在超深孔钻进中,使用国产设备及机具,最薄弱的环节是钻杆,钻杆的抗扭强度与钻机输出扭矩相差较大。 $\varnothing 71$  mm绳索取心钻杆的抗扭强度为3502 N·m;  $\varnothing 89$  mm绳索取心钻杆抗扭强度为4167 N·m。国产XY-6型和XY-6B型钻机的输出扭矩为7800 N·m。施工过程中,由于无法配备扭矩的测量仪器,只能通过观察钻机主电机的电流指示表电流的变化,借以判断孔内钻杆工作情况。

施工现场使用150 kW发电机组为机台输送电力,XY-6型及XY-6B型钻机主电机功率为75

kW,启动电流为45 A,从开孔到终孔,随着孔深不断增加,电流变化由45 A逐渐增加到85 A(见图3)。

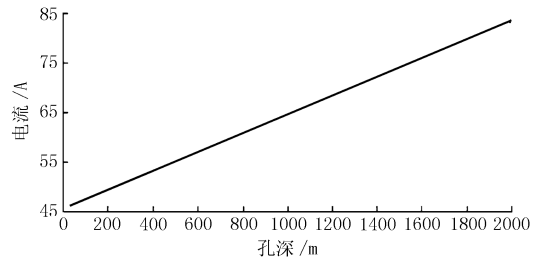


图3 ZK2402、ZK2407孔正常钻进电流变化图

将电流值换算为钻机回转扭矩值,计算公式如下:

$$M = 9.56N/n$$

式中: $M$ ——钻机回转扭矩, N·m;  $N$ ——输出功率, W;  $n$ ——主轴转速,取217 r/min。

以电流为85 A为例计算扭矩, $M = 9.56 \times 85 \times 380/217 = 1423$  N·m。扭矩变化图见图4。

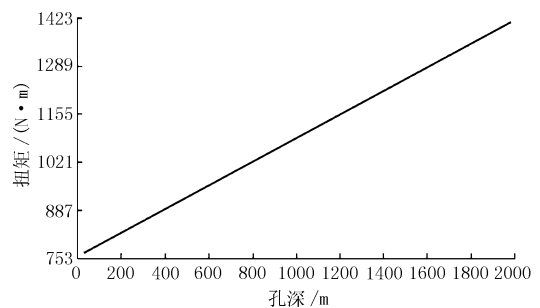


图4 正常钻进扭矩随孔深变化图

随着孔深不断增加,电流变化由45 A逐渐加到85 A,而钻机回转扭矩值从753 N·m增加到1423 N·m,钻杆的抗扭强度都能保证,可保证安全生产。

孔深达到2000 m,将终孔时,最大电流可达到85 A。在此范围内,钻杆在孔内工作是安全状态,孔内钻进情况良好。一旦电流超出此范围,则视为不安全状态。

在完整地层中钻进,电流增大,预示着回转阻力增大。可考虑使用润滑剂来减阻;复杂地层中钻进,电流的增大,可能预示着孔壁的稳定性发生了变化。在实际工程施工中,要视具体情况采取相应的处理措施,既能保证钻杆工作的安全,又可能预防孔内事故的发生。

## 3 结论与展望

通过对承德M24矿区深孔钻探钻进参数的选择分析,主要得到以下结论:

(1) 钻进压力的选择要综合考虑钻进的口径大小,岩石的硬度、强度、研磨性、完整性。随着孔径的减小,比压应不断地增大;在岩石的硬度、强度较高,研磨性较弱,完整性较好地层中钻进,钻进压力应增大,反之,应适当减小;钻遇严重破碎地层,应将钻压适当降低。

(2) 深孔钻进中,在一定范围内,金刚石钻头的钻速和转速成正比例关系,随着转速的增加,机械钻速也相应增加,在一定范围内转速越高,机械钻速越高,但钻头旋转速度不能过大,否则就有烧钻的危险。只要设备和地层条件允许,尽可能开动高转速。

(3) 金刚石深孔钻进,冲洗液的选择要满足携带岩粉、冷却钻头的要求,需注意,泵量不宜过大,否则会对钻孔孔壁产生较大破坏作用。它的大小,应根据钻头类型与规格,胎体性能,钻孔深度,岩石研磨性、完整程度等来选择。

(4) 采用非标钻头钻进,适当扩大金刚石钻头的外径尺寸,能有效地避免高泵压的危害,减少孔壁

的破坏,改善孔内循环空间,实现孔内安全生产,保证钻进效果良好。

(5) 在深孔钻进中,可通过观察钻机主电机的电流指示表数值变化,判断孔内钻杆工况,电流的变化反映出钻机回转扭矩的变化。电流在一定范围内,钻杆在孔内工作是安全状态,孔内钻进情况良好,一旦电流超出此范围,则视为不安全状态。

随着矿区钻探深度的增加,孔内地层复杂程度加剧,存在许多亟待解决的技术问题,需要进一步研究,以实现优质、高效、经济的深孔钻探施工,为推动深部找矿技术的发展做出贡献。

#### 参考文献:

- [1] 王达,孙建华.我国钻探工程技术标准现状与展望[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2008,35(1).
- [2] 张金昌,冉恒谦,等.钻探技术面临的新形势、新机遇和新任务[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2007,(9).
- [3] 李健,胡春跃,段鸿海.固体矿产深孔钻进工艺研究报告[Z].2010.

## 徐绍史提出探索市场经济条件下的找矿突破新途径

**国土资源部网站消息** 2011年3月9日,国土资源部在京召开找矿突破战略行动专家座谈会。国土资源部部长、党组书记、国家土地总督察徐绍史出席会议并作重要讲话,国土资源部总工程师张洪涛出席会议。部有关司局、中国地质调查局、中央地勘基金管理中心负责人参加了座谈会。

徐绍史说,找矿突破战略行动总体方案在吸收不同方面的意见和建议后,进行了必要的修改和完善。考虑到找矿突破面临的已知问题和风险,未来还将有很多未知的问题和风险,部再次召集一些对整个地质找矿历史情况比较熟悉,对一线工作比较熟悉的专家进行座谈,以保证方案用前瞻性的眼光去考虑未知的问题,使其进一步完善。

在充分听取专家的意见和建议后,徐绍史强调,要围绕以下几个方面,进一步做好找矿突破战略行动总体方案的修改和完善工作。

一是找矿突破目标的确定,既要考虑到目标之间的连贯性,也要进一步深化现有目标的内涵和外延。

二是明确找矿突破战略行动的定位。行动虽然定位于找矿,但要对找矿的外延进一步拓展,要从开源、节流、挖潜,从勘查到开发进行统筹考虑。如非常规能源中的页岩气、天然气水合物以及浅层地温能、干热岩,还有地热,都具有很大的潜能,突破后也是重塑格局的很重要的标志。要对这些非常规能源资源开展区域性调查评价,查清总的潜力,再进行整体规划。此外,如何让果矿变活矿、一矿变多矿等,都有潜力可挖。

三是体制机制要创新。这次找矿突破战略行动实际上是地质找矿领域的一次创新驱动、转型发展。因此,要特别注意政府角色定位、权益调整配置、市场平台打造等问题。

要改变政府领导、财政拨款、上项目、分资金、养队伍的传统做法,要迎难而上、敢冒风险,去走一条市场经济条件下找矿突破的新路,最根本的就在于体制机制创新,关键是政府的角色定位和利益分配问题。

四是要组织好实施。要根据专家建议,搭建好组织架构,完善好组织实施的路径、保证措施等。

五是加快地勘单位改革发展。找矿突破战略行动,是地勘单位“十二五”至“十三五”期间发展的一次重大机遇。地勘单位一定要抓住这一机遇,加快改革发展。从专家反映的情况看,已经走到企业化经营道路上的地勘单位,想拉都拉不回来,说明在改革的问题上基层是有积极性的。

六是找矿突破战略行动要与全面协调可持续发展相协调。在总体方案的完善中要站得更高,将找矿突破战略行动与经济社会环境全面协调可持续发展结合起来,为经济社会全面协调可持续发展提供资源支撑和保障。

座谈会上,国家行政学院教授方克定、武警黄金指挥部原总工程师阎凤增、中国地质调查局原局长叶天竺和国土资源部咨询研究中心、辽宁省国土资源厅、西藏自治区国土资源厅的专家,围绕找矿主力军作用发挥、投资主体积极性调动、找矿突破战略行动与经济社会发展规划衔接、战略行动的组织实施及保证措施完善、地方政府在找矿行动中准确定位、找矿的外部环境营造、找矿成果的收益分配、政府调控与市场配置协调、矿业权转让市场规范、找矿质量保证、项目监督管理、地方壁垒与市场垄断的降低或消除、中央和地方利益关系调整、矿业权整合、地勘单位改革与发展、地质找矿人才的培养等问题,进行了深入的讨论。