

金刚石绳索取心钻进施工效率影响因素分析

张伟

(中国地质调查局,北京 100011)

摘要:采用技术经济学研究方法,对一些影响金刚石绳索取心钻进施工效率的钻探技术指标,如机械钻速、回次长度、起下钻速度、起钻间隔进行了分析和评价。通过了解这些因素在不同钻孔深度条件下对钻进施工效率影响作用的大小,可为钻探项目的设备、器具和钻进工艺方法选择提供依据。

关键词:金刚石绳索取心钻进;钻进效率;影响因素;技术经济学

中图分类号:P634.5 **文献标识码:**A **文章编号:**1672-7428(2007)10-0022-03

Analysis on Factors Influencing Drilling Efficiency of Diamond Wire-line Drilling /ZHANG Wei (China Geological Survey, Beijing 100011, China)

Abstract: By adopting technical economics research method, some factors that influence drilling efficiency of diamond wire-line drilling, such as rate of penetration, core run length, round-trip velocity and round-trip length are analyzed. Through understanding the influencing effect of these factors on drilling efficiency at different borehole depth conditions, the proper selection of drilling equipment, drilling tools and drilling methods for a drilling project can be guaranteed.

Key words: diamond wire-line drilling method; drilling efficiency; influencing factors; technical economics

0 引言

影响地质岩心钻探钻进施工效率的因素有很多,如有钻探设备、钻进工艺方法、地层条件和钻进参数等。了解影响钻进施工效率的因素及其影响规律,对于在施工中正确选择钻探设备和钻进工艺方法,继而获得钻探项目的最佳施工经济性,具有至关重要的意义。钻探设备、钻进工艺方法和地层条件对钻进施工效率的影响,可以体现在一些具体的钻探技术指标上,如机械钻速、回次长度、起下钻速度、起钻间隔等。每一种钻探设备或钻进工艺方法,都会在这些技术指标上显示出与其它钻探设备或钻进工艺方法的不同,如液压动力头钻机采用的立根短,比立轴式钻机的起下钻速度明显要慢;液动锤钻进(液动冲击回转钻进)的机械钻速和回次长度比普通回转钻进的要高得多;软岩钻进比硬岩钻进的机械钻速和起钻间隔明显要高。通过在计算公式中输入具有某些钻探设备或钻进工艺方法特点的技术指标,可得出代表这些设备或工艺方法的技术经济指标,从而实现对这些设备或工艺方法的评价。

1 钻进施工效率影响因素分析方法

评价岩心钻探施工效率的主要技术经济指标有单位进尺时间和钻进总时间。这两项指标可运用已

有的公式^[1]在输入上述技术指标后计算得出。

此处以硬岩(可钻性 8 级左右)金刚石绳索取心钻进为例,分析不同技术指标的变化对钻进施工效率的影响。此例中采用钻进施工总时间作为评价钻进施工效率的技术经济指标。具体做法如下:

(1) 根据统计数据,给出硬岩金刚石绳索取心钻进的主要钻探技术指标(机械钻速、回次长度、起下钻速度、起钻间隔)的基本值(参见表 1)。

(2) 给出各项技术指标的变化范围(表 1)。考虑变化范围,就是要考虑钻探设备、钻进工艺方法和地层条件等因素的影响。

表 1 硬岩金刚石绳索取心钻进施工主要技术指标

技术指标	基本值	变化范围	备注
起下钻速度 /(m·h ⁻¹)	550	250~550	立轴钻机起下钻速度快,动力头钻机慢
起钻间隔/m	30	20~100	不提钻换钻头方法起钻间隔大
机械钻速 /(m·h ⁻¹)	1.2	0.8~2.0	液动锤方法钻速高
回次长度/m	2.5	2~5	液动锤方法回次长

(3) 当评价某项技术指标对钻进施工效率的影响作用时,在钻进总时间计算公式^[1]中,输入其它几项技术指标的基本值,并分别输入被评价的技术指标的变化数据。通过计算,得到该指标取不同值以及在不同钻孔深度条件下所需的钻进总时间。

收稿日期:2007-07-12

作者简介:张伟(1954-),男(汉族),湖北恩施人,中国地质调查局科技外事部新技术处处长、教授级高级工程师,探矿工程专业,博士,负责组织地质勘察技术的研究与开发和推广应用工作,北京市西城区黄寺大街 24 号,zhangwei@ccsd.cn。

(4)对计算结果数据进行列表(见表 2)或绘图(图 1~4),便可实现对该技术指标影响钻进对施工效率作用大小的判断。

表 2 不同技术指标和不同钻孔深度的钻进施工时间 /d

钻孔深度 /m	起下钻速度/(m·h ⁻¹)				机械钻速/(m·h ⁻¹)				回次长度/m					起钻间隔/m			
	250	350	450	550	0.8	1.2	1.6	2.0	2	3	4	5	20	40	80	100	
100	4.1	4.1	4.0	4.0	5.8	4.0	3.2	2.7	4.2	4.0	3.8	3.8	4.1	4.0	4.0	4.0	
500	22.2	21.8	21.5	21.4	29.8	21.1	16.8	14.2	22.0	20.6	19.9	19.5	21.6	21.2	21.0	21.0	
1000	48.5	46.4	45.1	45.5	61.9	44.6	35.9	30.7	46.6	43.2	41.5	40.4	46.7	45.0	44.1	44.0	
1500	79.4	75.8	73.8	72.5	96.3	70.3	57.3	49.4	74.0	67.8	64.8	62.9	75.3	71.1	69.2	68.8	
2000	114.8	108.3	104.6	102.3	133.0	98.3	80.9	70.5	104.0	94.5	89.8	87.0	107.2	99.8	96.2	95.6	

注:钻进施工时间中只考虑了钻进、起下钻和打捞岩心的时间。

2 金刚石绳索取心钻进效率影响因素分析

2.1 不同因素对钻进施工效率的影响作用

前面已提到,钻探设备、钻进工艺方法和地层条件对钻进施工效率的影响体现在钻探技术指标上,因此只需对机械钻速、回次长度、起下钻速度、起钻间隔等钻探技术指标对钻进效率的影响作用进行评价,便可实现评价钻探设备、钻进工艺方法和地层条件对钻进施工效率影响的目的。

2.1.1 起下钻速度的影响

由图 1 可知,对于绳索取心钻进施工来说,起下钻速度对钻进施工效率的影响很小,250 m/h 速度曲线(相当于动力头钻机)与 550 m/h 速度曲线(相当于立轴钻机)相距很近。施工 1000 m 钻孔,两种起下钻速度导致的施工时间差为 3 天,施工 2000 m 钻孔的时间差为 12.5 天。

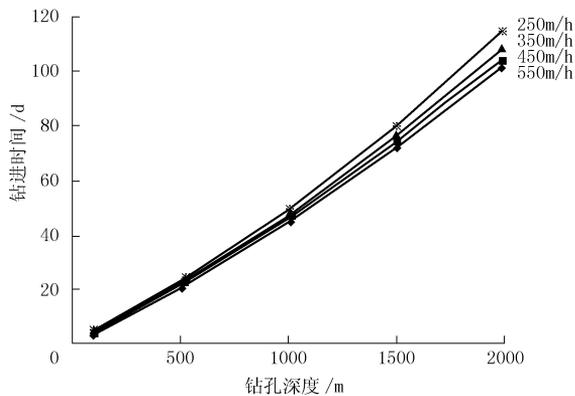


图 1 起下钻速度对钻进施工效率的影响

2.1.2 机械钻速的影响

软岩钻进的机械钻速明显要高于硬岩钻进。在已确定为硬岩钻进的前提下,低的机械钻速相应于回转钻进;高机械钻速相应于液动锤钻进。由图 2 可知,机械钻速对绳索取心钻进施工效率的影响十分显著。比较 0.8 m/h 和 2.0 m/h 两种机械钻速:施工 1000 m 钻孔,两种机械钻速导致的施工时间差

为 31.2 天,施工 2000 m 钻孔的时间差为 62.5 天。

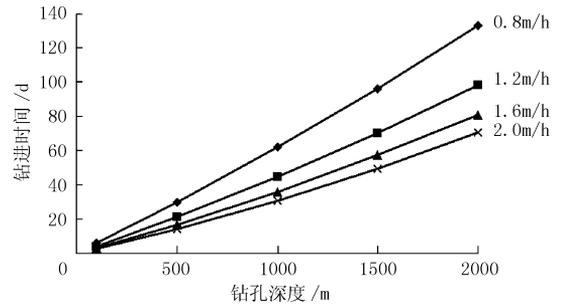


图 2 机械钻速对钻进施工效率的影响

2.1.3 回次长度的影响

钻探设备和钻进方法都对回次长度有影响:采用动力头钻机钻进比立轴钻机回次要长;液动锤钻进的回次长度明显优于回转钻进。由图 3 可看出,回次长度对钻进时间的影响作用明显不如机械钻速,但比起下钻速度和起钻间隔的影响作用要大一些。比较 2 m 和 5 m 两种回次长度:施工 1000 m 钻孔,两种回次长度导致的施工时间差为 6.2 天,施工 2000 m 钻孔的时间差为 17 天。

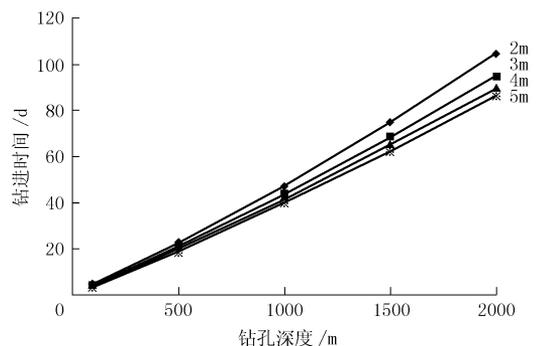


图 3 回次长度对钻进施工效率的影响

2.1.4 起钻间隔的影响

岩石可钻性和钻进方法都影响起钻间隔。软岩钻进时钻头寿命长,起钻间隔相应的也大。不提钻换钻头方法的起钻间隔要明显优于其它方法。由图 4 可看出,起钻间隔对钻进时间的影响作用很小,甚

至不如起下钻速度。比较 20 m 和 100 m 两种起钻间隔:施工 1000 m 钻孔,两种起钻间隔导致的施工时间差为 2.7 天,施工 2000 m 钻孔的时间差为 11.6 天。

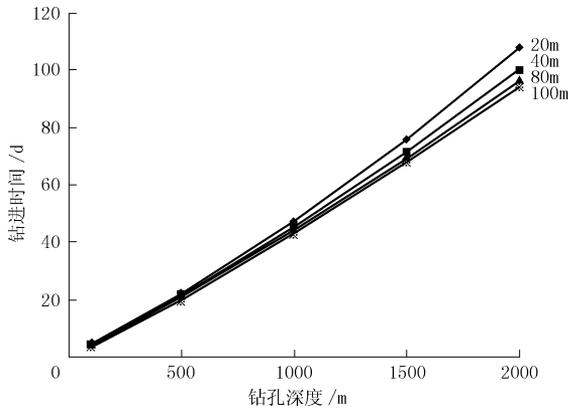


图4 起钻间隔对钻进施工效率的影响

3 钻进时间影响系数

根据表 2 的数据以及图 1~4,可分别定性评价不同因素对钻进时间的影响作用,但不能实现对不同的影响因素同时进行互相比较。通过引入钻进时间影响系数^[2],可使这个问题得到解决。

钻进时间影响系数 K_{ipm} 被定义为:某一影响钻进时间的因素在其可能的取值范围内变化(自变量由最小变到最大)时引起的钻进时间变化与其最小自变量相应的钻进时间的比值。

钻进时间影响系数 K_{ipm} 的计算方法如下:

设在某一钻孔深度时,以某一因素作自变量进行钻进时间计算,该因素在其取值范围内变化,取最小值时的单位进尺成本为 T_{pm1} ,取最大值时的单位进尺成本为 T_{pm2} ,钻进时间影响系数的计算公式为:

$$K_{ipm} = (T_{pm2} - T_{pm1}) / T_{pm1}$$

若 $T_{pm2} > T_{pm1}$,则 K_{ipm} 为正值,说明随着该自变量取值增加,钻进时间增加;

若 $T_{pm2} < T_{pm1}$,则 K_{ipm} 为负值,说明随着该自变量取值增加,钻进时间下降。

钻进时间影响系数 K_{ipm} 的绝对值反映了某一因素对钻进时间影响作用的大小,系数的绝对值越高,影响作用越大。由表 2 的数据,采用钻进时间影响系数计算公式,可得出不同钻探技术指标在不同孔深时的钻进时间影响系数,其绝对值列于表 3。数据表明,不同因素对钻进时间的影响作用的大小与孔深有关,图 5 直观地显示了这种关系。

由图 5 可看出,在 4 个影响钻进施工效率的主

表 3 不同因素的钻进时间影响系数绝对值与孔深的关系

钻孔深度 /m	起下钻速度 / $(m \cdot h^{-1})$	机械钻速 / $(m \cdot h^{-1})$	回次长度 /m	起钻间隔 /m
100	0.017	0.541	0.098	0.024
500	0.036	0.524	0.114	0.028
1000	0.062	0.505	0.133	0.058
1500	0.087	0.487	0.149	0.086
2000	0.109	0.470	0.163	0.108

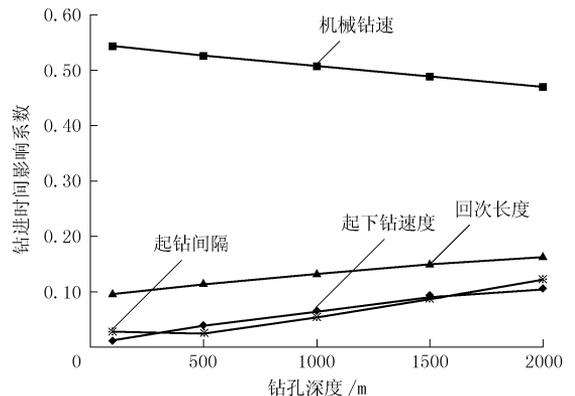


图 5 不同因素的钻进时间影响系数绝对值与孔深的关系

要技术指标中,机械钻速对钻进施工时间的影响作用在任何孔深条件下都是最显著的,其影响作用远远高于其它 3 个指标。尽管随着孔深加大,其影响作用会有所降低。在任何钻孔深度,回次长度对钻进施工时间的影响作用比起下钻速度和起钻间隔的影响作用都要大一些。起下钻速度和起钻间隔对钻进施工时间的影响作用基本相当,都很小。

有了对影响钻进施工效率的主要因素及其影响作用的基本认识之后,我们在进行一个钻探项目的钻探设备和钻进工艺方法选择时就有了依据。比如,我们可不必把起下钻速度作为衡量钻机优缺点的一个重要因素,而是把重点放在对钻进施工过程的品质起决定影响作用的因素——给进行程上,因为给进行程对机械钻速、回次长度、起钻间隔和岩心采取率都具有影响作用。我们在考虑钻进工艺方法时,应该选择考虑液动锤钻进方法,因为这种方法的机械钻速和回次长度都要明显优于其它方法。由于起钻间隔对绳索取心钻进施工效率的影响不明显,不提钻换钻头方法相对于其它方法没有明显优势,加上该方法的可靠性差和配套成本高的弱点,这种方法很难与其它方法竞争,这或许就是不提钻换钻头虽已问世多年,至今未得到推广应用的缘故。

4 结论

(1) 采用技术经济学分析方法对几个主要的钻

(下转第 34 页)

有低的失水量,这对绳索取心钻进保护孔壁十分重要。

4.2 LBM 冲洗液

LBM 冲洗液环空动压低,钻杆内壁不易结垢,孔壁稳定,其流变性可根据地层要求进行调整和掌握。在 YTG - qsn - 03 孔施工中,为维护泥岩地层的孔壁稳定,又使绳索取心钻探在十分复杂的孔内条件下继续钻进,全孔使用了 LBM 粉,流变参数掌握较好,钻进时冲洗液携岩能力强,孔底清洁,孔壁稳定,钻杆内壁不结垢,钻进时效由 1.68 m 提高到 2.84 m。

5 预防绳索取心钻杆内壁结垢

钻杆内壁结垢是指冲洗液中的固相微粒在钻杆高速旋转所造成的离心力场作用下,发生径向沉积,聚集在钻杆内壁上,形成泥垢,导致钻杆实际内径缩小,这一现象称为钻杆内壁结垢效应。经测定,结垢物质主要是无用的岩屑颗粒,影响结垢物质生成的因素,除与泥浆类型有关外,还与泥浆当量密度、粘度、含砂量及回次时间长短、回转速度有关。其中含砂量为主要因素,含砂量越高,结垢越严重。试验钻孔“结垢”情况见表 1。YTG - qsn - 01 孔在孔深 470.20 ~ 750 m 时,因振动筛故障,冲洗液密度增至 1.09 kg/L,产生了结垢。

生产实践说明,在复杂地层使用绳索取心钻探时,必须在保护孔壁稳定的前提下,同时采取有效的防垢技术措施。

(上接第 24 页)

探技术指标对金刚石绳索取心钻进施工效率的影响作用进行了评价。

(2)评价结果表明:在硬岩金刚石绳索取心钻进施工中,机械钻速对钻进施工效率影响显著,明显超过其它因素的影响;回次长度比起下钻速度和起钻间隔对钻进施工效率影响作用要大一些;起下钻速度和起钻间隔对钻进施工效率影响作用相当,都处于最低的和并不显著的水平。

(3)采用钻进时间影响系数,可实现对不同因素对钻进施工效率影响作用进行直观的、定性的互

(1)要正确选择适合于地层岩性特点和绳索取心钻探特性的冲洗液类型。

(2)冲洗液含砂量是造成钻杆内壁结垢的重要因素,一般要求含砂量 < 0.2%。

(3)及时清除泥浆中极细的岩屑颗粒,除地面循环系统外,还应配备除泥器、振动筛、除砂器等,并保证开动时间,把含砂量降到最低限度。

(4)要选择低的泥浆流变参数,控制合适的排量,尽量保持泥浆低粘、低切力,以沉淀和清除岩屑。

(5)控制回次进尺时间和转速,回次进尺不宜超过 3 m,转速 175 ~ 360 r/min 为宜。

6 认识和看法

通过室内试验、流变性能分析和现场生产实践,我们对施工油页岩地层绳索取心钻探用冲洗液的看法是:

(1)PAM - KHm 无固相冲洗液适用于较完整的油页岩地层;

(2)LBM 冲洗液现场配制方便,只要将 LBM 粉剂加入清水中,不需加其它处理剂,充分搅拌即可获得所需不同性能的冲洗液;

(3)LBM 冲洗液对水敏地层,酥软、破碎胶结力差的地层,有较好的护壁防塌能力,而且结垢指数低;

(4)LBM 冲洗液里的胶状颗粒,粒度加工不够细,经水化膨胀漂浮在表面,影响了泵的上水,降低了泥浆性能。

相比较。

(4)通过对金刚石绳索取心钻进施工效率因素的分析,可实现钻探项目的钻进设备、器具和工艺方法的优选。

参考文献:

- [1] 张伟.取心钻进工艺方法的技术经济学分析——施工时间分析[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2007,34(8).
- [2] 张伟.取心钻进的技术经济学研究[D].武汉:中国地质大学(武汉),2006.