

# 特深孔钻探时间影响因素分析

胡志新

(中铁第四勘察设计院集团有限公司, 湖北 武汉 430063)

**摘要:**为提高深孔与特深孔钻探效率,本文根据钻探工艺时间分配建立了钻探时间利用率模型,并结合该模型定量分析了13000 m特深孔钻探中绳索取心与提钻取心两种工艺下各因素对钻探时间的影响。分析表明,无论采用绳索取心还是提钻取心工艺,回次进尺长度均是影响钻探时间的首要因素,但其后各影响因素的排序存在差异:前者依次为钻头寿命、立根长度及起下钻速度,后者则为立根长度、起下钻速度及孔口坐卡与拧卸时间。研究进一步证实,绳索取心钻进效率显著优于提钻取心,但通过优化回次进尺长度等关键参数可有效缩小二者间的差距。本研究揭示了特深孔钻探时间的关键影响因素及优化路径,为工艺方法评价和钻进效率提升提供了理论依据。

**关键词:**特深孔;钻探时间;回次进尺长度;绳索取心;提钻取心;影响因素

**中图分类号:**P634 **文献标识码:**A **文章编号:**2096-9686(2026)01-0066-07

## Analysis of factors affecting the time of extra-deep hole drilling

HU Zhixin

(China Railway SiYuan Survey and Design Group Co., Ltd., Wuhan Hubei 430063, China)

**Abstract:** To enhance the efficiency of deep and extra-deep hole drilling, this study established a drilling time utilization model based on the time allocation of drilling processes. Using this model, we quantitatively analyzed the impact of various factors on drilling time for a 13000 m extra-deep hole, comparing wireline coring with conventional coring. The analysis reveals that regardless of the drilling method, penetration per round trip is the primary factor influencing drilling time. However, the ranking of subsequent factors differs: for wireline coring, the key subsequent factors are bit life, drill-pipe stand length, and tripping speed, in that order; for conventional coring, they are drill-pipe stand length, tripping speed, and wellhead handling time. The study further confirms that wireline coring is significantly more efficient than conventional coring, but the performance gap can be effectively narrowed by optimizing key parameters such as penetration per round trip. This research reveals the critical factors and optimization pathways for drilling time in extra-deep hole drilling, providing a theoretical foundation for the evaluation of drilling methods and the enhancement of drilling efficiency.

**Key words:** extra-deep hole; drilling time; penetration per round trip; wireline coring; conventional coring; influencing factors

## 0 引言

钻探过程中纯钻进时间和辅助工作时间的占比研究对提高钻探效率具有重要意义,特别是深孔和特深孔钻探工程,不同钻进工艺各环节时长不同,钻具组合不同,时间利用率对整个钻探工程影响显著<sup>[1-3]</sup>。了解影响钻进效率的因素及其影响

规律,对施工中正确选择钻探设备和工艺方法,继而获得钻探项目的最佳施工参数,具有至关重要的意义<sup>[4]</sup>。钻探设备、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、回次进尺长度、起下钻速度等<sup>[5-7]</sup>。通过在计算公式中输入某些钻进工艺方法

收稿日期:2025-06-18;修回日期:2025-07-07 DOI:10.12143/j.ztgc.2026.01.010

基金项目:中国铁建股份公司地下空间利用领域科技研发计划(编号:2024-W01)

作者简介:胡志新,男,汉族,1995年生,工程师,土木工程专业,硕士,主要从事铁路勘察及路基设计相关工作,湖北省武汉市武昌区杨园街道和平大道745号,505211682@qq.com。

引用格式:胡志新.特深孔钻探时间影响因素分析[J].钻探工程,2026,53(1):66-72.

HU Zhixin. Analysis of factors affecting the time of extra-deep hole drilling[J]. Drilling Engineering, 2026, 53(1):66-72.

特点的技术指标,可得出代表这种工艺方法的技术经济指标,从而实现对工艺方法的评价<sup>[8-10]</sup>。

近年来,许多学者对影响钻探时间的因素进行了研究。张伟<sup>[11]</sup>对金刚石绳索取心钻进施工效率的影响因素进行了分析,结果表明,机械钻速对钻进施工效率影响显著,其次是回次进尺长度,起下钻速度影响最小。翟育峰等<sup>[12-13]</sup>分析了深部科学钻探中影响钻探效率的因素,并通过提高回次进尺来提高钻探效率。杨芳等<sup>[14-15]</sup>对实际深孔钻探过程中钻进时间、机械钻速、回次进尺长度等指标进行了详细的技术统计,分析了影响钻探效率的因素,通过优化钻进工艺提高了钻探效率,但分析方法仅适用于单一项目或单一钻进方法,具有一定局限性。

为了解相关因素对深孔钻探时间的影响规律,本文在前人工作的基础上,推导了计算不同取心方法钻探时间的公式,并利用公式计算得出了13000 m 钻孔深度下相关因素对钻探时间的影响程度,揭示了其影响规律,为实现钻进工艺方法的评价、钻探效率的提高提供了理论基础。

### 1 取心钻探时间公式推导

取心钻进技术通常可分为提钻取心和绳索取心,因此本文进行两种取心钻探时间公式推导。

#### 1.1 绳索取心钻探时间计算

绳索取心钻进是指在钻探过程中,当岩心充满岩心管后,无需提钻,而是以钻杆为通道,借助于绳索和专用打捞工具,把钻进过程中贮存于内岩心管中的岩心提至地表的取心钻进方法。根据绳索取心的工艺特点,在不考虑事故处理时间的前提下,绳索取心过程可分为打捞回次和提大钻回次,因此分别计算后求和,即为绳索取心钻进总钻探时间。

第*i*次打捞回次钻探时间:

$$T_i = T_{zi} + T_{xi} + T_{si} + T_{di} = D/V_z + (i-1)D/V_x + iD/V_s + T_{di} \quad (1)$$

式中: $T_i$ ——第*i*次打捞回次钻探时间,h; $T_{zi}$ ——第*i*次打捞回次纯钻进时间,h; $T_{xi}$ ——第*i*次打捞回次下放内管时间,h; $T_{si}$ ——第*i*次打捞回次打捞内管时间,h; $T_{di}$ ——第*i*次地表取心时间,h; $D$ ——回次进尺长度,m; $V_z$ ——机械钻速,m/h; $V_x$ ——内管下放速度,m/h; $V_s$ ——内管打捞速度,m/h。

第*k*次提大钻回次时间:

$$T_k = T_{rk} + T_{ck} + T_{hk} = 2kL_t/V_r + 2kL_tT_m/L_c + T_{hk} \quad (2)$$

式中: $T_k$ ——第*k*次提大钻回次总时间,h; $T_{rk}$ ——第*k*次提大钻回次起下钻时间,h; $T_{ck}$ ——第*k*次提大钻孔口坐卡与拧卸时间,h; $T_{hk}$ ——单次更换钻头时间,h; $L_t$ ——钻头寿命,m; $V_r$ ——起下钻速度,m/h,通常下钻速度高于提钻速度,但下钻到底前通常需要进行扫孔或者循环冲孔等辅助工作,将这些时间计入下钻时间,使得下钻总时长与提钻总时长基本一致; $T_m$ ——单次拆卸立根孔口坐卡与拧卸时间,h; $L_c$ ——立根长度,m。

绳索取心钻进总钻探时间:

$$T_t = \sum_{i=1}^m T_i + \sum_{k=1}^n T_k \quad (3)$$

式中: $T_t$ ——绳索取心钻探总时间,h; $m$ ——绳索打捞总次数,次; $n$ ——提大钻总次数,次。

#### 1.2 提钻取心钻探时间计算

根据提钻取心的工艺特点,在不考虑事故处理时间的前提下,其第*i*回次钻探时间:

$$T_i = T_{ri} + T_{ci} + T_{zi} + T_{di} = 2iD/V_r + 2iDT_m/L_c + D/V_z + T_{di} \quad (4)$$

式中: $T_i$ ——第*i*回次钻探时间,h; $T_{ri}$ ——第*i*回次起下钻时间,h; $T_{ci}$ ——第*i*回次孔口坐卡与拧卸时间,h; $T_{zi}$ ——第*i*回次钻进时间,h。

换钻头总时间:

$$T_h = jT_{hj} = nDT_{hj}/L_t \quad (5)$$

式中: $T_h$ ——提钻取心钻进拆卸钻头总时间,h; $j$ ——换钻头次数,次; $T_{hj}$ ——第*j*次换钻头时间,h; $n$ ——钻进总回次数,次。

提钻取心钻进总钻探时间:

$$T_t = \sum_{i=1}^n T_i + T_h \quad (6)$$

式中: $T_t$ ——提钻取心钻探总时间,h; $n$ ——钻进(提大钻)总回次数,次。

### 2 不同取心技术钻探时间分析

参照相关深部钻探技术指标数据对提钻取心、绳索取心进行取心时间分析,具体技术指标如表1<sup>[2,4,16]</sup>所示。

为了解相关因素对深孔钻探时间的影响规律,计算了孔深13000 m下的钻探时间。

#### 2.1 绳索取心钻探时间分析

在表1技术指标的基础上,采用控制变量法,在

表1 钻进总时间计算的技术指标

Table 1 Technical indicators for the calculation of total drilling time

| 钻进方式 | 立根长度/<br>m | 回次进尺长<br>度/m | 机械钻速/<br>( $\text{m}\cdot\text{h}^{-1}$ ) | 钻头寿命/<br>m | 起下钻速度/<br>( $\text{m}\cdot\text{h}^{-1}$ ) | 地表取心时<br>间/h | 单次更换钻<br>头时间/h |
|------|------------|--------------|---|------------|--|--------------|----------------|
| 绳索取心 | 18         | 3            | 1.30                                      | 90         | 400  | 0.25         | 0.3            |
| 提钻取心 | 18         | 10           | 1.30                                      | 90         | 400  | 0.25         | 0.3            |

注:在未特别说明情况下,下放内管速度为7200 m/h,打捞内管速度为5040 m/h,单次孔口坐卡与拧卸时间为0.03 h。

改变单一变量的情况下,探究各因素对绳索取心钻探时间的影响。

### 2.1.1 绳索取心钻探时间计算结果分析

不同影响因素对绳索取心钻探时间的影响如图1所示。

(1)立根长度:如图1(a)所示,立根长度由18 m增加到36 m后,钻探时间由28456 h降至26890 h,减少了5.50%,说明增加立根长度能较为有效地缩短钻探时间。

(2)回次进尺长度:如图1(b)所示,回次进尺长度由3 m增加到6 m后,钻探时间由28456 h降至23162 h,减少了18.60%。增加回次进尺长度能有效地缩短钻探时间,其原因在于回次进尺长度的增加,减少了总回次数,减少了频繁打捞与下放内管的时间,因而钻探时间大大减少。

(3)机械钻速:如图1(c)所示,机械钻速由1.3 m/h增加到1.5 m/h后,钻探时间由28456 h降至27123 h,减少了4.68%。对于13000 m的深孔,打捞、下放内管、起下钻次数较多,这些作业时间占据了大部分钻探时间,因此机械钻速的提高未能明显缩短钻探时间。

(4)钻头寿命:如图1(d)所示,钻头寿命由90 m增加到150 m后,钻探时间由28456 h降至25285 h,减少了11.14%。钻头寿命的提高能有效降低钻探过程中提大钻的时间,因而能有效缩短钻探时间。

(5)起下钻速度:如图1(e)所示,起下钻速度由400 m/h增加到600 m/h后,钻探时间由28456 h降至26980 h,减少了5.19%。

(6)下放内管速度:如图1(f)所示,下放内管速

度由7200 m/h增加到10800 m/h后,钻探时间由28456 h降至27153 h,减少了4.58%。

(7)打捞内管速度:如图1(g)所示,打捞内管速度由5040 m/h增加到6480 m/h后,钻探时间由28456 h降至27214 h,减少了4.36%。

(8)孔口坐卡与拧卸时间:如图1(h)所示,孔口坐卡与拧卸时间由0.03 h降至0.02 h后,钻探时间由28456 h降至27412 h,减少了3.67%。

### 2.1.2 不同技术指标最优取值分析

分析各技术指标对绳索取心钻探时间的影响,发现孔口坐卡与拧卸时间越少,其他影响因素的参数值越大,钻探时间越短,最优取值如表2所示。

结果表明,在13000 m特深孔绳索取心钻探中,选用表2中的钻进参数钻探时间最少,降至15515 h。但对于实际钻探来说,各钻探参数不可盲目提高,各参数提升难度也各不相同。孔口坐卡与拧卸时间、下放内管速度、打捞内管速度依赖现场操作人员熟练程度和井口工具的齐全程度,较为容易实现;起下钻速度、立根长度、钻头寿命主要受限于设备能力,如需提高会增加大量钻探成本;回次进尺长度和机械钻速不仅受限于设备能力,还受限于地层情况以及钻进参数的选择,提升难度最大。

### 2.2 提钻取心钻探时间分析

在表1技术指标的基础上,采用控制变量法,在改变单一变量的情况下,探究各因素对提钻取心钻探时间的影响。

#### 2.2.1 提钻取心钻探时间计算结果分析

不同影响因素对提钻取心钻探时间的影响如图2所示。

表2 绳索取心各因素最佳取值

Table 2 Optimal values of various factors of wireline coring

| 立根长度/<br>m | 回次进尺长<br>度/m | 机械钻速/<br>( $\text{m}\cdot\text{h}^{-1}$ ) | 钻头寿命/<br>m | 起下钻速<br>度/( $\text{m}\cdot\text{h}^{-1}$ ) | 下放内管速<br>度/( $\text{m}\cdot\text{h}^{-1}$ ) | 打捞内管速<br>度/( $\text{m}\cdot\text{h}^{-1}$ ) | 孔口坐卡与<br>拧卸时间/h | 钻探时间/h |
|------------|--------------|---|------------|--|---|---|-----------------|--------|
| 36         | 6            | 1.5                                       | 150        | 600  | 10800                                       | 6480  | 0.02            | 15515  |

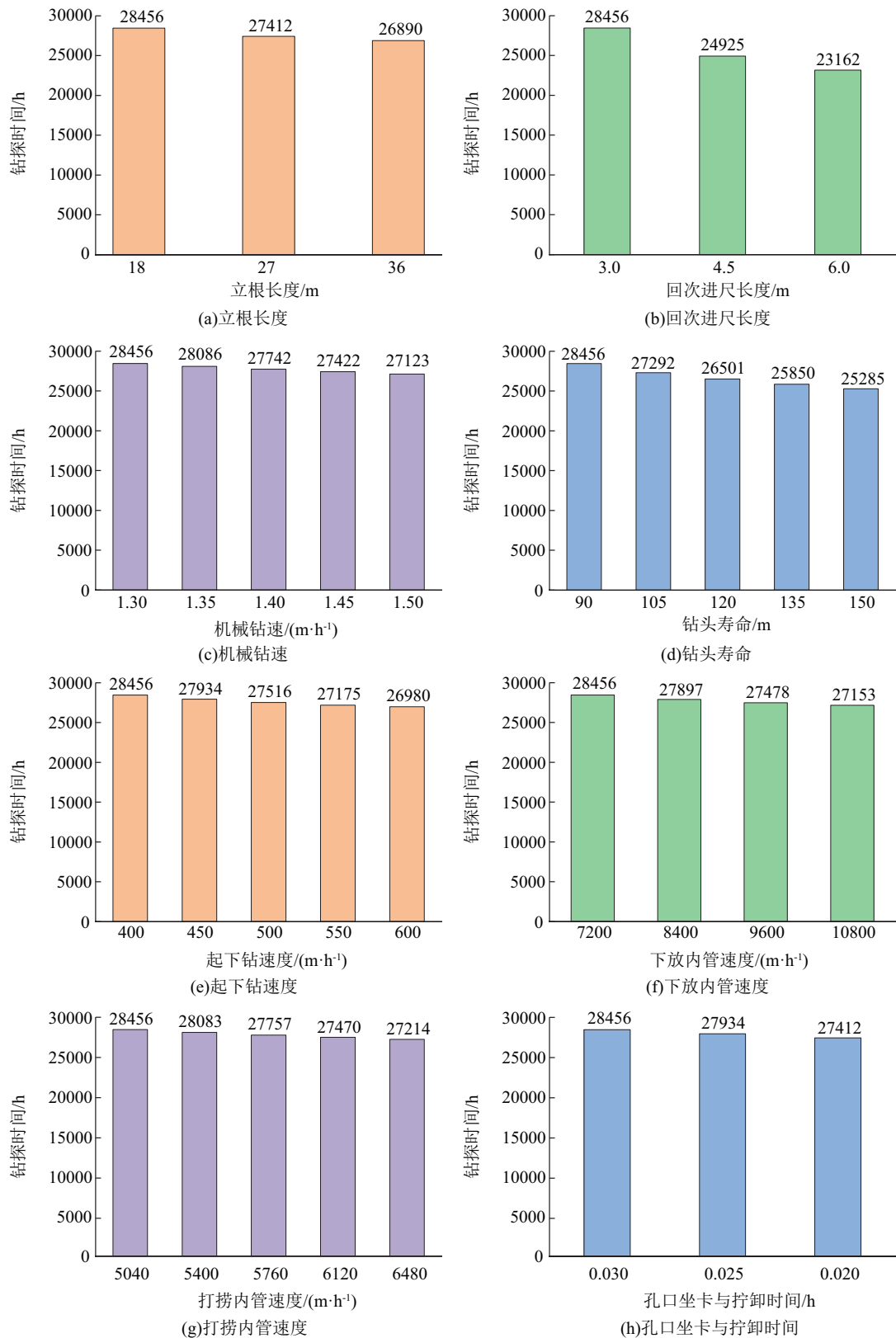


图 1 不同技术指标绳索取心钻探时间分析

Fig.1 Analysis of drilling time for wireline coring with different technical indicators

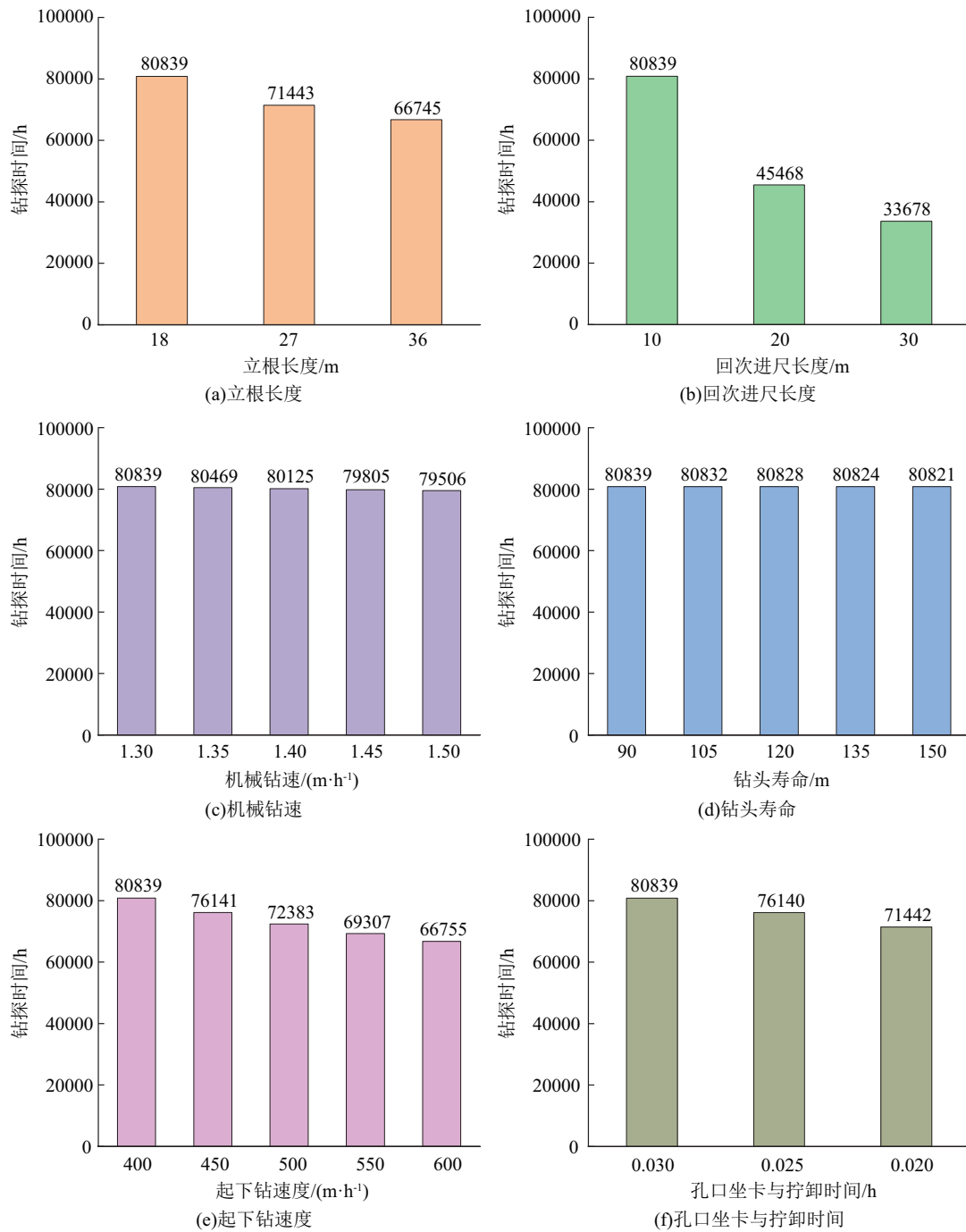


图2 不同技术指标提钻取心钻探时间分析

Fig.2 Analysis of drilling time for conventional coring with different technical indicators

(1) 立根长度:如图2(a)所示,立根长度由18 m增加到36 m后,钻探时间由80839 h降至66745 h,减少了17.43%,说明增加立根长度能较为有效地缩短钻探时间。

(2) 回次进尺长度:如图2(b)所示,回次进尺长度由10 m增加到30 m后,钻探时间由80839 h降至

33678 h,减少了58.34%。增加回次进尺长度有效减少了总回次数,避免了过多的起下钻时间以及孔口坐卡与拧卸时间,因而钻探时间大大减少。

(3) 机械钻速:如图2(c)所示,机械钻速由1.3 m/h增加到1.5 m/h后,钻探时间由80839 h降至79506 h,减少了1.65%。对于13000 m的深孔,纯

钻进时间仅占总钻探时间较小的比例,大部分的钻探时间都用于起下钻,因此机械钻速的提高对降低钻探时间的影响很小。

(4)钻头寿命:如图2(d)所示,钻头寿命由90 m增加到150 m后,钻探时间由80839 h降至80821 h,仅减少了18 h。不同于绳索取心,在到达钻头寿命后,可以在提钻取心时更换钻头,因而钻头寿命仅仅影响了换钻头的时

(5)起下钻速度:如图2(e)所示,起下钻速度由

400 m/h增加到600 m/h后,钻探时间由80839 h降至66755 h,减少了17.42%。

(6)孔口坐卡与拧卸时间:如图2(f)所示,孔口坐卡与拧卸时间由0.03 h降至0.02 h后,钻探时间由80839 h降至71442 h,减少了11.62%。

### 2.2.2 不同技术指标最优取值分析

分析各技术指标对提钻取心钻探时间的影响,发现孔口坐卡与拧卸时间越少,其他影响因素的参数值越大,钻探时间越短,最优取值如表3所示。

表3 提钻取心各因素最佳取值表

Table 3 Optimal values of various factors of conventional coring

| 立根长度/<br>m | 回次进尺长度/<br>m | 机械钻速/<br>(m·h <sup>-1</sup> ) | 钻头寿命/<br>m | 起下钻速度/<br>(m·h <sup>-1</sup> ) | 孔口坐卡与拧卸<br>时间/h | 钻探时间/<br>h |
|------------|--------------|-------------------------------|------------|--------------------------------|-----------------|------------|
| 36         | 30           | 1.5                           | 150        | 600                            | 0.02            | 21348      |

结果表明,在13000 m特深孔提钻取心钻探中,选用表3中的各项钻进参数时,钻探时间最少,钻探时间降至21348 h。而提钻取心提升各因素的难易程度与绳索取心类似,即优化孔口坐卡与拧卸时间与起下钻速度较为容易,立根长度和钻头寿命次之,回次进尺长度和机械钻速最难。

### 2.3 不同取心方式钻探时间对比

根据前述分析结果,对绳索取心和提钻取心钻探时间影响最大的因素均为回次进尺长度,在表1指标的基础上,均增加至回次进尺长度的2倍,对比两种取心方式的钻探时间,结果如图3所示。

结果表明,绳索取心回次进尺长度为3 m,提钻取心回次进尺长度为10 m时,绳索取心钻探时间明显优于提钻取心,绳索取心钻探时间相较于提钻取心少了64.80%,而将回次进尺长度均增加至2倍后,绳索取心钻探时间相较于提钻取心少了49.06%。说明回次进尺长度提高相同倍数能缩小提钻取心钻探时间与绳索取心钻探时间的差距。因此在实际钻探过程中,通过优化钻进参数、钻具结构等提高回次进尺长度,能有效降低提钻取心钻探时间,在钻遇复杂地层时采用提钻取心可在保证一定钻探效率前提下提高岩心采取率。

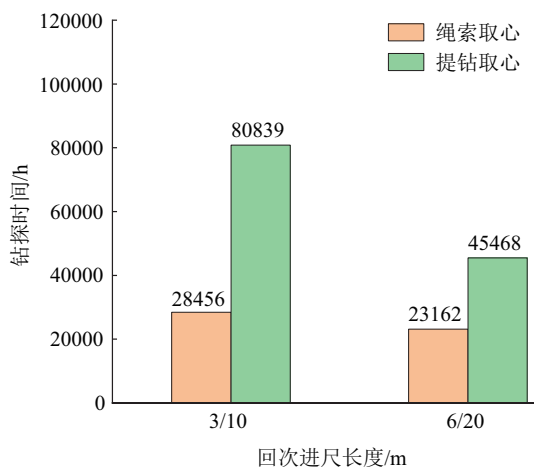


图3 不同取心方式钻探时间对比

Fig.3 Comparison of drilling time for different coring methods

### 3 结论

(1)根据实际钻探过程建立的钻探时间模型具有较好的通用性,可用于绳索取心及提钻取心单回次时间和钻进总时间的计算,通过该模型进行深孔和特深孔的时间占比分析,对钻探技术经济指标对比和成本效益分析具有重要意义。

(2)分析了13000 m特深孔中各单一技术指标对绳索取心、提钻取心钻探时间的影响。影响绳索取心钻探时间的首要因素为回次进尺长度,其次为钻头寿命、立根长度以及起下钻速度,影响提钻取心钻探时间的首要因素同样为回次进尺长度,其次为立根长度、起下钻速度以及孔口坐卡与拧卸时间。

(3)对比分析了13000 m特深孔中绳索取心和

提钻取心钻探时间,结果表明绳索取心钻进效率远高于提钻取心,但在提高回次进尺长度后,能缩小提钻取心钻探时间与绳索取心钻探时间的差距。

(4)通过分析得出了绳索取心、提钻取心各技术指标的最佳取值,并分析了实际钻探过程中各因素提升的难易程度,为特深孔钻进中各技术指标的取值提供了参考。

### 参考文献(References):

- [1] 胡郁乐,张晓西,张惠,等. SinoProbe-05深部探测项目钻探技术问题总结与对策研究[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2014, 41(9):32-37.  
HU Yule, ZHANG Xiaoxi, ZHANG Hui, et al. Conclusion and countermeasures of drilling technology of deep exploration project[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2014, 41(9):32-37.
- [2] 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):1-3.  
ZHANG Wei. Technical and economic analysis of core drilling process method; construction time analysis[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2007, 34(8):1-3.
- [3] 张伟,王达. 基于技术经济评价的取心钻进方法设计[J]. 地质科技情报, 2007, 26(5):95-99.  
ZHANG Wei, WANG Da. Design for the method of core drilling based on the technical and economic evaluation[J]. Bulletin of Geological Science and Technology, 2007, 26(5):95-99.
- [4] 鄢泰宁. 岩土钻掘工程学[M]. 武汉:中国地质大学出版社, 2001.  
YAN Taining. Geotechnical Drilling and Excavation Engineering [M]. Wuhan: The Press of The China University Of Geosciences, 2001.
- [5] 张正,朱恒银. 深部钻探关键设备选择原则及配置优化[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2017, 44(9):17-20.  
ZHANG Zheng, ZHU Hengyin. Selection principles and configuration optimization of the key equipments in deep drilling[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2017, 44(9):17-20.
- [6] 刘佳丹,张真,李阳. 探讨影响岩心钻探钻进效率的因素[J]. 河南科技, 2014(8):33-34.  
LIU Jiadan, ZHANG Zhen, LI Yang. Discussing on the influencing factors of core drilling efficiency[J]. Journal of Henan Science and Technology, 2014(8):33-34.
- [7] 朱恒银. 深部岩心钻探技术与管理[M]. 北京:地质出版社, 2014.  
ZHU Hengyin. Technology and Management of Deep Core Drilling[M]. Beijing: Geological Publishing, 2014.
- [8] 赵振峰,李华,孙尧. 深孔岩芯钻探经济技术分析[J]. 西部探矿工程, 2011, 23(4):56-57, 61.  
ZHAO Zhenfeng, LI Hua, SUN Yao. Economic and technical analysis of deep hole core drilling[J]. West-China Exploration Engineering, 2011, 23(4):56-57, 61.
- [9] 刘晓阳,李博. 地浸砂岩型铀矿钻探现状及提高钻探效率的技术措施[J]. 钻探工程, 2021, 48(1):35-41.  
LIU Xiaoyang, LI Bo. Current status of in-situ leachable sandstone-type uranium drilling and technical measures of improving drilling efficiency [J]. Drilling Engineering, 2021, 48(1):35-41.
- [10] 张建杰,李海明,刘春生,等. 地应力监测孔钻进效率统计与分析研究[J]. 钻探工程, 2024, 51(1):120-125.  
ZHANG Jianjie, LI Haiming, LIU Chunsheng, et al. Statistics and analysis of drilling efficiency of geostress monitoring holes[J]. Drilling Engineering, 2024, 51(1):120-125.
- [11] 张伟. 金刚石绳索取心钻进施工效率影响因素分析[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2007, 34(10):22-24, 34.  
ZHANG Wei. Analysis on factors influencing drilling efficiency of diamond wire-line drilling [J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2007, 34(10):22-24, 34.
- [12] 翟育峰,张英传,田志超. 中国东部海区科学钻探工程CSDP-02井钻探效率统计分析[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2019, 46(12):13-17.  
ZHAI Yufeng, ZHANG Yingchuan, TIAN Zhichao. Statistical analysis of drilling efficiency for Well CSDP 02 of the eastern sea scientific drilling project of China[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2019, 46(12):13-17.
- [13] 翟育峰. 西藏甲玛3000 m科学深钻施工技术方案[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2020, 47(6):8-12, 53.  
ZHAI Yufeng. Technical proposal for the 3000 m deep scientific drilling borehole in Jiama, Tibet[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2020, 47(6):8-12, 53.
- [14] 杨芳,翟育峰,田志超,等. 西藏甲玛3000m科学深钻经济技术指标统计与分析[J]. 钻探工程, 2024, 51(1):113-119.  
YANG Fang, ZHAI Yufeng, TIAN Zhichao, et al. Statistics and analysis of economic and technical indexes for 3000m scientific drilling in Jiama, Tibet[J]. Drilling Engineering, 2024, 51(1):113-119.
- [15] 杨芳,曹凡,刘振新,等. 川西甲基卡锂矿3000m科学深钻高效钻进措施分析[J]. 钻探工程, 2025, 52(1):47-53.  
YANG Fang, CAO Fan, LIU Zhenxin, et al. Analysis of efficient drilling measures for 3000m scientific deep drilling in JIJIKA Lithium Mine, western Sichuan [J]. Drilling Engineering, 2025, 52(1):47-53.
- [16] 曹龙龙,张恒春,闫家,等. 提钻取心岩心堵塞形态分析与防堵方法探讨[J]. 钻探工程, 2024, 51(S1):78-84.  
CAO Longlong, ZHANG Hengchun, YAN Jia, et al. Analysis of core blockage morphology and exploration of anti-blockage methods in trip round coring [J]. Drilling Engineering, 2024, 51(S1):78-84.

(编辑 王跃伟)