

JDY - 1500 型全液压钻机卡盘的仿真分析及设计

于雪林¹, 于 萍¹, 朱玉江²

(1. 吉林大学机械科学与工程学院, 吉林 长春 130061; 2. 兵器工业第五研究所, 吉林 长春 130000)

摘要:对全液压动力头式钻机卡盘进行系统分析, 给出了动力头卡盘的仿真参数之间的关系; 提出了提高动力头卡盘精度的建议; 设计出了动力头卡盘的最佳方案。

关键词:全液压钻机; 卡盘; 仿真分析

中图分类号:P634.3 **文献标识码:**A **文章编号:**1672-7428(2008)05-0022-03

Simulation Analysis and Design of JDY - 1500 Full Hydraulic Drill Chuck/YU Xue-lin¹, YU Ping¹, ZHU Yu-jiang²

(1. Jilin University, Changchun Jilin 130026, China; 2. Ordnance Fifth Institute, Changchun Jilin 130000, China)

Abstract: In this paper, systematic analysis was made on hydraulic power drill chuck, relationship among the simulation parameters of the power chuck was presented, proposals were made to increase accuracy of the power chuck and the best design on power head chuck could be found.

Key words: full hydraulic drill; chuck; simulation analysis

0 引言

随着基础建设的蓬勃兴起和能源需求的日趋紧张, 钻探机械得到了越来越广泛的应用。如今, 国内使用最广泛的地质勘探钻机是机械传动、液压给进的立轴式钻机。其性能、水平国内外基本接近, 维修方便、造价低, 是国内目前的主要钻探设备, 但该类钻机存在给进行程比较小、倒杆频繁、钻进效率低、钻进功能较少等不足之处。随着流体和液压传动技术的迅猛发展, 全液压动力头钻机是未来的发展趋势。

全液压顶驱式钻机在国外已是推广普及型钻机, 该类钻机具有转速高、工作平稳、调速范围大、给进行程长、过载保护好、机械化自动化程度高、适用范围广等优点。但因为造价较高、各种备品配件系统还需完善、维修费用较高等因素, 所以此类钻机的市场占有率还很小。

目前, 国内研制全液压动力头式钻机刚刚起步, 但随着国家对勘探工业的越来越重视和大量资金的投入, 各省局钻探设备的需求量也与日俱增。为此, 吉林大学根据吉林省科技发展计划项目“全液压顶驱式多功能油页岩勘探开发钻机”自主研发和开发了 JDY - 1500 型全液压动力头岩心钻机。该钻机所有功能均为液压驱动, 操控精准便捷, 与传统的立轴式钻机相比, 取心作业的效率及安全性大大增加。

适应于金刚石绳索取心钻进、空气泡沫钻进、液动冲击回转钻进和反循环连续取心钻探工艺等多工艺施工, 能满足 1500 m 深度以内油页岩、煤层气、地热井和危急矿山深部资源找矿勘探开发的需要; 大大提高深部地下资源开发的效率和安全性。JDY - 1500 型全液压动力头岩心钻机最大的特点是采用动力头式液压卡盘自如松、卡钻杆, 实现灵活进给, 提高了钻探效率。本文对钻机动力头卡盘结构及参数进行分析。

1 卡盘结构设计

卡盘是钻机的一个独立的重要元件, 其功用是夹紧钻机上钻杆, 向钻杆传递转矩和轴向力, 驱动钻具实现回转和进给。卡盘由夹紧元件、中间传动机构和夹紧动力装置组成, 按照获取作用力的方式, 主要分为机械卡盘和液压卡盘 2 种。机械卡盘的夹紧和松开靠手动操作, 结构较简单, 但操作费力、费时, 只可以钻一些浅孔。液压卡盘利用液压缸提供作用力直接或间接地使夹紧件执行夹、送动作, 其优点是动作迅速, 易于集中控制和实现程序控制。

图 1 为 JDY - 1500 型全液压动力头岩心钻机液压卡盘工作原理图。

本卡盘采用弹簧夹紧、液压松开的常闭式卡盘, 由活塞、液压缸、碟形弹簧、卡瓦等组成。碟形弹簧

收稿日期: 2007 - 12 - 24

基金项目: 吉林省科技发展计划项目“全液压顶驱式多功能油页岩勘探开发钻机研发”(编号: 20060334)

作者简介: 于雪林(1981 -), 男(汉族), 黑龙江黑河人, 吉林大学在读硕士研究生, 机械电子专业, 吉林省长春市吉林大学南岭校区六公寓 313(130025), op666op666@163.com。

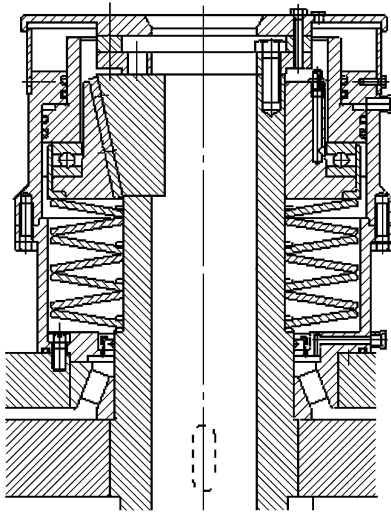


图1 JDY-1500型全液压力头岩石钻机液压卡盘工作原理图

装在液压缸内,一端固定在压板上,另一端与活塞相连。卡盘不工作时处于夹紧状态,当卡盘环状液压缸上腔进压力油时,活塞下移且压缩弹簧,使卡瓦向外移动,松开钻杆;当液压缸上腔回油时,弹簧力推动活塞上移,使卡瓦向中心移动,从而夹持钻杆。

2 基本参数确定

卡盘承载能力一般根据正常钻进和强力起拔2种工况中的最大载荷来确定。

2.1 最大工作载荷

如在强力起拔工况下,卡盘负荷:

$$P_b = \alpha P_{smax}$$

式中: α ——系数, $\alpha = 1.25 \sim 1.6$; P_{smax} ——给进机构最大上顶力。

正常钻进工况下,卡盘负荷:

$$P_g = \alpha \sqrt{P_y^2 + P_z^2}$$

式中: P_z ——作用于钻杆上的轴向力;一般情况下取最大给进力; P_y ——作用于钻杆上的圆周力。

将所求得的2个载荷 P_b 、 P_g 进行比较,取最大者作为最大工作载荷 P_{max} , 即 $P_{max} = \max\{P_b, P_g\}$ 。

2.2 等效夹紧力 Q

等效夹紧力(简称夹紧力)是指卡盘承受最大载荷 P_{max} 所必需的夹紧力,表示为:

$$Q = P_{max}/f$$

式中: f ——卡瓦与钻杆间的摩擦系数,齿瓦取 $f = 0.3 \sim 0.5$ 。

卡瓦和活塞系统的受力分析图见图2。

取出活塞系统:

$$\sum X = R + f_1 N \sin \alpha - N \cos \alpha = 0$$

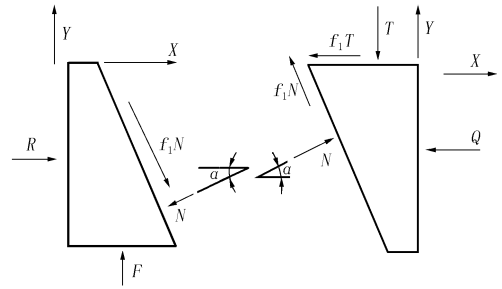


图2 卡瓦和活塞系统受力分析图

$$\sum Y = N \sin \alpha + f_1 N \cos \alpha - F = 0$$

卡瓦受力分析:

$$\sum X = N \cos \alpha - f_1 N \sin \alpha - Q - f_2 T = 0$$

$$\sum Y = N \sin \alpha + f_1 N \cos \alpha - T = 0$$

式中: N ——活塞系统与卡瓦间的正压力; R ——液压缸对活塞系统的正压力; T ——卡瓦与卡瓦座间的正压力; F ——活塞系统受到的轴向合力; Q ——整个卡瓦对钻杆的夹紧力, $Q = \sum Q_i$; Q_i ——一个卡瓦齿对钻杆的夹紧力。

其中 $f_1 = \text{tg} \varphi_1$, $f_2 = \text{tg} \varphi_2$ (φ_1 、 φ_2 为摩擦角)。

$$F = \{ \text{tg}(\alpha + \varphi_1) / [1 - f_2 \text{tg}(\alpha + \varphi_1)] \} Q \quad (1)$$

一般情况下, $\alpha < 10^\circ$, $f_1, f_2 \leq 0.15$, 因此有:

$$f_2 \text{tg}(\alpha + \varphi_1) \ll 1$$

式(1)可化为 $F = \text{tg}(\alpha + \varphi_1) Q$ 。

定义 $\lambda = Q/F = 1/\text{tg}(\alpha + \varphi_1)$, λ 为增力比例,用来表示增力机构的增力效果。

3 仿真结果分析

通过图3的仿真结果能够看出,增力比随着摩擦系数的增大而变小。且当倾角 α 取值逐渐增大时,摩擦系数对增力比的影响变小,也就是说要得到同样大小的夹紧力 Q , 如果增大摩擦系数 f_1 , 便可以节省轴向合力。当然增大摩擦系数 f_1 又会影响卡盘的整体结构,因此互相平衡一下各方面因素,设计出最合理的角度,便达到一个最佳的效果。

设弹簧刚度为 C (一般取碟形弹簧线性特性段位工作段), 卡瓦位移为 Δx , 活塞系统位移为 Δy , 弹簧力 F 随卡瓦位移 Δx 的变化关系为:

$$F = C \Delta y = C \Delta x / \text{tg} \alpha$$

代入 $F = \text{tg}(\alpha + \varphi_1) Q$ 式,并整理,得:

$$Q = C \Delta x / [\text{tg} \alpha \text{tg}(\alpha + \varphi_1)]$$

将这个关系绘成曲线,如图4所示。

通过对斜面增力机构的分析,得到以下结论:

(1) 这种增力机构由于 α 为定值,而摩擦系数 f_1, f_2 可近似看作常数,因此扩力比 λ 为定值(见 Δx

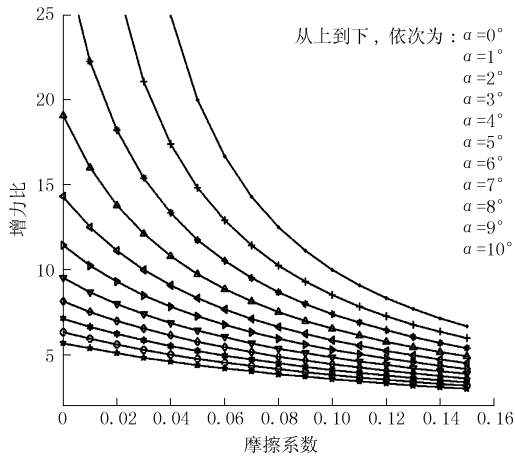


图3 增力比与摩擦系数的关系图

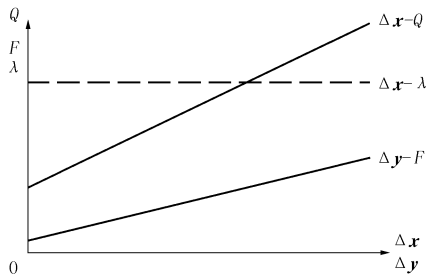


图4 卡瓦位移与夹紧力关系图

- λ 曲线)。其数值大小取决于 α 角, α 越小, 机构扩力比越大。

(2) 弹簧压缩量 Δy 与卡瓦径向位移量 Δx 的比值为定值, 其数值大小取决于 α 角。当卡瓦位移量一定时, α 角越小, 所得活塞系统位移量越大, 弹簧

压缩量也越大。

(3) 由于存在上述 2 个关系 (即 λ 为定值, $\Delta y/\Delta x$ 为定值, $F \propto \Delta x$), 夹紧力 Q 与卡瓦位移量 Δx 成正比 (见 $\Delta x - \lambda$ 曲线)。因此, 采用斜面增力机构的卡盘, 其夹紧力在卡盘夹持范围内的变化很大。也就是说, 当夹持钻杆的直径发生变化以及卡瓦因磨损而径向尺寸变化时, 夹紧力也产生较明显的变化。

卡瓦斜面角 α 是这种机构最主要的设计参数。在卡盘基本参数 (夹持能力, 夹持范围) 一定时, 减小 α 角可相应减小所得的弹簧力 F , 但活塞系统移动量加大, 从而使卡盘轴向尺寸加大, 故一般取 $\alpha = 6^\circ \sim 9^\circ$ 。

4 钻机试验效果

钻机加工完成后, 在兵器工业第五研究所进行了调试和空载运行试验, 之后进行了生产性试验。试验表明卡盘的工作状态良好, 达到了预期的效果。

参考文献:

- [1] 王正林, 王胜开, 陈国顺, 等. MATLAB/simulink 与控制系统仿真[M]. 北京: 电子工业出版社, 2005.
- [2] 冯德强. 钻机设计[M]. 武汉: 中国地质大学出版社, 1993.
- [3] 瞿叶高, 卜长根, 李金峰. 虚拟样机技术在地质工程机械领域的应用研究[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2006, 33(11).
- [4] 赵大军, 索忠伟. 岩土钻凿设备[M]. 长春: 吉林大学出版社, 2004.
- [5] 李世忠. 岩心钻机改进的一些设想[J]. 探矿工程, 2000, (5).

(上接第 15 页)

5 结语

(1) 复杂地层深孔钻进, 泥浆性能至关重要, 低密度、低粘度、低切力、低失水和高分散性泥浆能有效保护孔壁的稳定性, 并且对提高钻进效率、防止钻杆内壁结垢都非常有利。

(2) 与 PHP 系列泥浆相比, LBM 泥浆具有较小的滤失量和良好的造壁性能, 不仅能有效解决水敏性地层由于水化作用而引起的膨胀缩径及分散造浆问题, 而且对裂隙发育、破碎力学不稳定地层具有良好的稳定孔壁作用。

(3) LBM 泥浆具有良好的流变性能, 能有效防止钻杆内壁结垢以及钻头泥包和粘附卡钻, 有利于

绳索取心钻进。

(4) LBM 泥浆粘附系数小, 具有较强的减摩降阻效果, 对钻具具有良好的保护作用, 能明显提高钻具的使用寿命并降低能耗, 有利于进行深孔钻进。

(5) LBM 泥浆具有较低的密度和较小的切力, 有利于提高钻进速度。

参考文献:

- [1] 陶士先, 汤松然, 彭步涛. 绳索取心钻杆内壁结垢机理与防治研究[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2007, 34(S1): 155-159.
- [2] 汤松然, 周绍光, 熊德才. LBM 低粘增效粉[J]. 探矿工程, 1992, (2): 15-17, 19.
- [3] 王禹, 刘波, 高洪志. 油页岩地层绳索取心钻探冲洗液技术探讨. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2007, 34(S1): 32-34.
- [4] 李世忠. 钻探工艺学[M]. 北京: 地质出版社, 1989. 39-213.