

doi:10.13436/j.mkjx.201912003

复合式液压动力头的设计

陈晓东

(中煤科工集团 重庆研究院有限公司 重庆科聚孚工程塑料有限责任公司, 重庆 400037)

摘要:通过对液压钻机动力头载荷传递规律、钻杆加接方式分析,结合 2 种动力头优点,提出复合式液压动力头。该动力头利用卡盘实现钻杆加接,主动钻杆完成钻进载荷传递,具有单位直径钻进载荷大的特点,克服了配油套泄漏大、钻进掉速以及胶套寿命低的缺点,既能高速钻进,也可实现冲击钻进,提高了动力头性能。

关键词: 液压钻机; 动力头; 主动钻杆; 胶套卡盘

中图分类号: TD421.25 **文献标志码:** A **文章编号:** 1003 - 0794(2019)12 - 0006 - 03

Design of Compound Hydraulic Power Head

Chen Xiaodong

(Chongqing Copolyforce Engineering Plastics Co., Ltd., Chongqing Research Institute, China Coal Technology and Engineering Group, Chongqing 400037, China)

Abstract: Based on the analysis of the load transfer law of the power head and the connection mode of the drill pipe in hydraulic drilling rig, combined the advantages of two power heads, put forward the composite hydraulic power head structure. The power head realizes the drill pipe connection by the chuck and the drilling load transfer by the active drill pipe, has the characteristic that the unit diameter drilling load is large. It avoids the defects of large leakage of oil distribution sleeve, drop of drilling speed and low life of the rubber sleeve, and can not only drill at high speed, but also realize the impact drilling, and improve the performance of the power head.

Key words: hydraulic drilling rig; power head; active drill pipe; jacket chuck

0 引言

全液压动力头钻机广泛应用于煤矿、交通运输、建筑等行业,动力头是其关键部件之一,直接影响钻进效率、钻杆加接方式和相关部件的寿命。因此,一种好的动力头结构对钻机的性能起到了决定性作用。

动力头将液压能转化机械能,克服钻进阻力,完成钻进,形成介质通道,实现介质的流通,从而实现矿场开采中瓦斯、地下水的抽排,为煤矿的安全开采提供保障。然而,由于矿场的复杂条件,钻进中不仅需要顺着煤层方向进行钻进,抽取瓦斯,还要对松软煤层进行钻进。面临不同工况,不仅要进行低速硬岩钻进,还要进行高速低扭矩钻进,以实现煤层孔的成孔和瓦斯的排出。这些给动力头设计带来了很高的要求。

1 钻机动力头现状

动力头是钻机关键部件之一,提供钻进所需功率,它的好坏直接影响钻进效率、钻杆装拆效率、卡盘寿命以及自动化问题。衡量动力头的关键指标主要是承载能力和寿命(全周期寿命以及零部件周期寿命)。

液压动力头结构主要有液压卡盘式和主动钻杆

2 种方式。

(1)卡盘式动力头是利用旋转配油套供油到液压卡盘中,卡盘夹持钻杆,形成卡瓦同钻杆间的摩擦力实现载荷传递,完成钻杆加接、拆卸与钻进。特点是钻杆装拆效率高、结构简单,不足之处主要表现为胶套卡盘寿命低、旋转供油泄漏大、单位直径钻进扭矩小、无法与冲击切削耦合;适合中等硬度岩石低速钻进,大孔径钻削中卡盘结构庞大,钻杆磨损严重。

(2)主动钻杆结构动力头是利用主动钻杆螺纹直接联接钻杆进行钻进,其结构简单、钻进扭矩大、适合各种不同速度的钻进;由于在大扭矩钻进中必须采用双夹持器才能实现钻杆的拆卸,钻机结构复杂,体积大,因此在井下钻进中使用受到限制,由于拆卸钻杆采用人工拆卸,目前只在小扭矩钻机中使用。

2 动力头承载载荷分析

钻进载荷有 2 种传递方式:①螺纹联接载荷传递 液压马达载荷通过减速器,传递到主轴,主轴直接同主动钻杆刚性联接;②卡盘夹持 载荷传递到主轴后,再传递到卡盘,通过卡盘与钻杆间的摩擦力传递载荷。动力载荷传递示意图如图 1 所示。

载荷传递中,主轴、液压卡盘以及钻杆的承载力

为动力头的关键承载力,其中最小值为动力头的额定承载扭矩(在减速器承载力足够的情况下)。

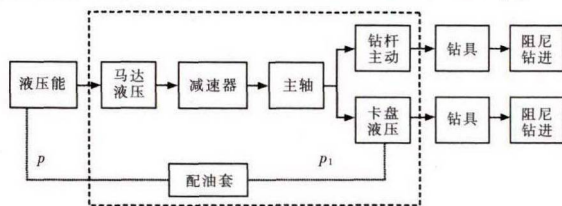


图1 动力载荷传递

p 、系统压力 p_1 、液压卡盘的压力(受配油套和胶套性能的限制)

(1) 主轴承承载载荷

主轴为普通的圆管模型,根据材料力学,主轴的最大承载扭矩

$$T = I_p R \tau \tag{1}$$

式中 I_p ——主轴的转动惯性模量, m^4 ;

R ——主轴危险断面半径, m ;

τ ——材料的许用剪切应力, Pa 。

(2) 钻杆承载载荷

螺纹联接载荷传递属于刚性联接载荷传递,载荷传递只与联接副(螺纹)的强度有关,与其他结构无关。具有联接结构紧凑、传递载荷大的特点,可广泛用于冲击载荷钻进。螺纹联接强度是其最薄弱环节,其承载力就是钻杆的最大承载力。

钻杆螺纹承载的许用扭矩

$$M = \frac{\sigma t}{8d^2} \tag{2}$$

式中 σ ——螺纹的许用屈服强度, Pa ;

t ——螺纹的螺距, m ;

d ——螺纹的当量直径, m 。

(3) 卡盘承载载荷

卡盘属于接触式载荷传递,依靠接触面间的摩擦力进行载荷传递,是一种柔性传递,传动平稳,具有一定的减振效果。卡盘的扭矩

$$S = \frac{D}{2} \sqrt{(p_1 L \pi \phi \mu)^2 - N^2} \tag{3}$$

式中 L ——胶套卡盘的长度, m ;

ϕ ——胶套卡盘的有效作用直径, m ;

μ ——钻杆与卡瓦的摩擦因数, $\mu=0.2\sim0.4$;

N ——作用于卡盘上的轴向推力, N ;

D ——钻杆的直径, m 。

由式(3)可知,卡盘传递扭矩与卡盘的压力、摩擦因数、钻杆的直径等有关,卡盘承载扭矩与钻杆直径大小成正比,相同压力情况下,钻杆直径越大,扭矩越大。在卡盘压力不变的情况下,其单位直径承载的扭矩是恒定值。

(4) 影响因素分析

动力头结构中,在正常钻进情况下,不考虑减速器效率损失,液压马达、主轴、液压卡盘以及钻杆承载力间的关系为

$$M_y i < \min\{T, M, S\} \tag{4}$$

式中 i ——减速比;

M_y ——液压马达扭矩, nm 。

$M_y i > T$ 时,主轴失效; $M_y i > M$ 时,卡盘打滑,无法钻进; $M_y i > S$ 时,钻杆失效。

从图1中可以看出,主动钻杆式传递方式只与主轴和钻杆强度相关,而卡盘式载荷传递中,影响载荷传递因素众多,与系统结构、系统压力、配油套性能、卡瓦与钻杆的摩擦因数以及胶套的性能息息相关,胶套寿命比较低,更换频率高。

图1中系统压力 p 和卡盘工作压力 p_1 不相等, p_1 同配油套的间隙、转速息息相关。同时,胶套卡盘必须采用旋转密封供油,其泄漏量与密封间隙的三次方成正比,密封间隙是影响配油套泄漏量最主要的因素。密封间隙在配油套工作时受压力、油温的作用会发生变化,温度升高将导致液压油黏度迅速下降,使泄漏量加速增大。因此随着钻进时间的增加,在钻进中会存在一定的掉速现象,特别是高速钻进更加明显。

3 钻杆的装拆现状分析

在钻杆装拆中,绝大部分钻机采用前置式装拆钻杆,后置式装拆钻杆由于既要装拆钻杆、又要装拆水辫,很少使用。在前置式装拆钻杆中,加接钻杆基本上都采用顶装式加接,所不同的是卡盘类动力头是夹持固定的钻杆,然后用钻杆实现顶装,而非卡盘类结构钻机是用钻杆连接器实现钻杆的加接;卡盘类动力头动力的传递是通过卡盘对钻杆夹持的摩擦力传递载荷,当钻进载荷大时,很难满足钻机钻进载荷的要求,但它具有拆卸钻杆方便的优点,只需要夹持住钻杆就可以实现钻杆的拆卸,因此卡盘类钻机只适用于钻进载荷比较小的钻机;钻杆连接器类钻机可以满足各种载荷钻机的要求,特别适用于大扭矩的钻机,但是有拆卸钻杆不方便的特点。

4 复合式液压动力头设计

复合式液压动力头将卡盘式动力头同主动钻杆相结合,卡盘实现钻杆的装拆,主动钻杆实现钻进,既减少了卡盘工作时间,提高了动力头周期寿命,同时又能实现高速钻进和冲击钻进。其结构如图2所示。

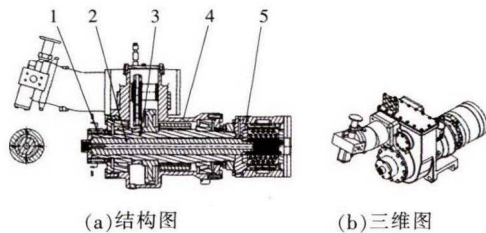


图2 复合式液压力头

1. 主动钻杆固定螺母 2. 主动钻杆 3. 主轴 4. 减速器 5. 卡盘

①主动钻杆固定螺母 完成主动钻杆的固定,实现钻进推力的传递,同时确保主轴与主动钻杆间载荷的传递;

②主动钻杆 完成钻进过程中载荷的传递;

③主轴 将减速器中的载荷传递到钻杆;

④减速器 实现马达扭矩和速度转化,提供钻进所需要的扭矩以及转速;

⑤卡盘 夹紧钻杆,实现钻杆装拆。

复合式液压力头有2个载荷传递节点,一是利用主动钻杆同主轴间采用六方配合或其他结构配合,紧固螺母固定,实现从主轴到主动钻杆间载荷的刚性传递;另一个载荷传递是卡盘载荷传递,利用卡盘夹持钻杆,实现钻杆的装拆。

复合式液压力头主要特点 集成卡盘动力头和前置式水辫动力头优点,具有卡盘动力头拆卸钻杆优点,还有主动钻杆式传递扭矩大、小钻杆大扭矩(可配置冲击器实现岩石冲击钻进)特点,规避了主动钻杆式动力头靠人工旋接钻杆的缺点。卡盘在钻进中卡盘不承载钻进载荷,卡盘寿命可提高10倍以上;在钻进中卡盘处于打开状态,配油套不存在泄漏问题,可实现高速钻进。

传统钻机采用卡盘传递载荷,无法进行冲击方式的钻进。复合式液压力头具有拓展端口,增加冲击器、冲击器联接罩、冲击复位弹簧、冲击限位套后可组成冲击复合式液压力头,如图3所示,可实

现动力头的冲击钻进功能,提高钻机钻进性能。

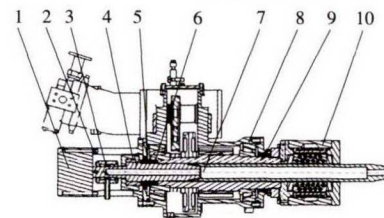


图3 冲击复合式液压力头

1. 冲击器 2. 冲击器联接罩 3. 水辫 4. 主动钻杆固定螺母 5. 冲击复位弹簧 6. 冲击限位套 7. 主动钻杆 8. 减速器 9. 主轴 10. 卡盘

5 主要创新点

①钻进效率高,钻进载荷大,可实现冲击钻进,高速钻进;

②利用卡盘实现钻杆的装拆,钻杆装拆效率高;

③采用主动钻杆直接传递扭矩,钻进中无需旋转供油,卡盘不需要夹紧工作,不存在掉速、泄漏等情况;另外钻进中胶套不工作,减少了胶套卡盘的实际使用时间,提高了动力头寿命和卡盘寿命;

④该结构留有冲击钻接口,可拓展冲击钻进应用。

6 结语

复合式液压力头有效地解决了卡盘动力头中配油套泄漏以及胶套寿命低的问题,也可实现高速钻进和冲击钻进,提高了液压钻机性能。

参考文献:

- [1]刘巨保,张薇,王世永. 套管钻井中连接螺纹力学分析及设计计算[J]. 大庆石油学院学报,2006(1):47-49+56+127.
- [2]张始斋. 矿用钻机传扭盘的优化设计[J]. 煤炭技术,2015,34(5):255-257.
- [3]李学忠. 离合式卡盘在钻杆装拆中的应用[J]. 煤矿机械,2016,37(4):130-133.

作者简介:陈晓东(1966-),重庆人,工程师,学士,主要从事矿用新材料的生产工艺研究工作,电子信箱:xiaodochen@163.com.

责任编辑:赵荣 收稿日期:2019-06-05