

XDQ - 120 型钻机动力头的优化设计

白祖卫, 王顺平, 黄军航

(陕西西探地质装备有限公司, 陕西 西安 710089)

摘要: XDQ - 1200 型钻机是专门针对山区丘陵地带设计的钻机, 对其质量的大小提出了很严格的要求。为此对动力头的结构件进行了有限元静力学分析, 对其箱体的强度和刚度进行分析、优化, 在满足受力的情况下, 尽量减轻箱体质量, 以达减重目标。介绍了 XDQ - 1200 型钻机动力头的设计背景、理念以及设计优化过程。

关键词: 分体动力头; 有限元分析; 变速箱体; 轻型钻机

中图分类号: P634.3 **文献标识码:** A **文章编号:** 1672 - 7428(2015)07 - 0042 - 03

Optimization Design of Power Head on XDQ - 1200 Drilling Rig/BAI Zu-wei, WANG Shun-ping, HUANG Jun-hang
(Shaanxi Xitan Geological Equipment Co., Ltd., Xi'an Shaanxi 710089, China)

Abstract: XDQ - 1200 drilling rig was designed specifically for mountain foothills, the quality requirements was very strict. The finite element static analysis was made on the structural parts of power head to optimize the strength and stiffness of box. In the case of satisfying the stress, try to reduce the box quality in order to achieve weight reduction. The design background, concept and optimization process of power head for XDQ 1200 drilling rig are introduced.

Key words: split type power head; finite element analysis; gear box; light rig

伴随着平原矿产资源越来越多的被勘探查明, 山区的矿产资源急需被勘查钻探, 山区勘探要求勘探设备的轻便便携, 为此我们研制出了 XDQ - 1200 型钻机, 它是一款轻型的专门针对山区丘陵地带, 适用于中深孔取心钻探的岩心钻机。而液压动力头作为它的重要部件, 其性能在一定程度上决定了钻进的工艺工法、施工的效率 and 钻进的可靠性, 本次动力头设计不仅要从性能上要达到中深孔取心钻探的岩心钻机的对扭矩、钻速的要求, 同时还要达到便于在山区搬运的要求。为此我们在达到力学性能的基础上需要优化设计, 减轻重大结构件的质量, 并从结构上想办法, 用分体式的方法让搬运的模块单件质量 ≥ 200 kg。

1 XDQ - 1200 型钻机动力头初步的设计

XDQ - 1200 型钻机动力头是一种全液压动力头, 它由卡盘加紧机构、液压马达、变速箱、减速机构组成, 设计最大扭矩 $4000 \text{ N} \cdot \text{m}$ 以上, 最大转速为 900 r/min 以上, 并具有以下特点:

(1) 动力头卡盘导向性好, 减少钻杆的摆动, 可实现多方位钻进(如斜孔、水平孔、仰孔等);

(2) 动力头可在一定范围内实现无级调速, 并在一个挡位有高低速;

(3) 液压卡盘与下夹持器配合, 可实现拧、卸管的机械化, 减少工人劳动强度;

(4) 钻机动力头可以与立柱、给进系统配合完成回转和给进作业, 可实现连续、平稳钻进。

根据以上条件, 我们做了初步的设计计算。液压卡盘采用常闭式弹簧夹紧, 液压松开, 由于需要的最高速度以及最大扭矩与最小扭矩的跨度较大, 速比要求较大:

$$i_c = \frac{T_{\max}}{T_a \eta_j} = \frac{4295}{434 \times 0.985} = 10.04$$

式中: T_{\max} ——动力头输出最大扭矩, $T_{\max} = 4295 \text{ N} \cdot \text{m}$; T_a ——液压马达传动扭矩, $T_a = 434 \text{ N} \cdot \text{m}$; η_j ——动力头的机械效率, $\eta_j = 0.985$ 。

动力头采用液压马达驱动, 四挡变速箱机械变速, 液压马达两级液压变速, 进行了变速箱加减速箱的结构设计, 并且运用 solid works simulation 对动力头关键件进行优化, 使其性能达到最佳, 其结构如图 1 所示, 参数如表 1 所示。

动力头的变速箱箱体和减速箱箱体是焊接结构

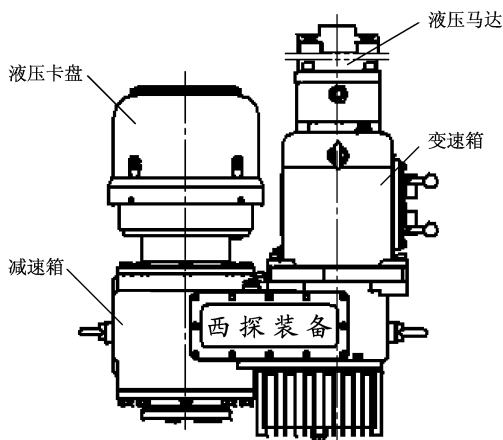


图 1 动力头结构示意图

表 1 动力头参数

排挡	转速范围/ (r·min ⁻¹)	最大扭矩/ (N·m)	排挡	转速范围/ (r·min ⁻¹)	最大扭矩/ (N·m)
低速 1	0 ~ 99	4295	高速 1	0 ~ 165	2569
低速 2	0 ~ 175	2418	高速 2	0 ~ 293	1446
低速 3	0 ~ 319	1325	高速 3	0 ~ 557	760
低速 4	0 ~ 552	767	高速 4	0 ~ 923	459

的刚性壳体,兼做润滑油箱。减速箱中的齿轮、轴承采用飞溅式润滑,齿轮、轴承与底座之间的动密封采用骨架油封,马达与箱体之间采用石棉板密封,其余采用 O 形圈密封。动力头最大通径 94 mm,可使用 BQ、NQ、HQ 三种钻杆。动力头在提大钻时,可承受 120 kN 的提升力,这样初步解决了钻机对动力头的要求。但 XDQ-1200 型钻机作为一款山地丘陵地区的岩心钻探设备,其动力头自重仍有 580 kg,显然不能满足在山区搬运便利这个设计目标,为此在满足动力头高性能的前提下进行有限元优化分析,以减轻动力头自身质量,达到设计的目的。

2 XDQ-1200 型钻机动力头的有限元优化设计

将 XDQ-1200 型钻机的动力头进行分解分析,发现主轴质量 48 kg、液压马达质量 65 kg、减速箱体质量 94 kg、变速箱体质量 46 kg,这 4 个大件质量最大,其中,液压马达为外购件,其质量不可改变,我们将减速箱体、变速箱体两大件由原先铸钢件变成铝合金件,这样箱体质量可以减少 2/3,但铝材的力学性能远远不及铸钢件,因此需要借助 solid works simulation 有限元分析来优化设计。

本文以减速箱体为例,材质选用 5052-38H,其材料力学性能如下:弹性模量 69.3 ~ 70.7 GPa,泊松比 0.3,抗拉强度(σ_b)170 ~ 305 MPa,屈服强度

($\sigma_{0.2}$)65 MPa。

对减速箱体进行静力学分析,发现在一档提大钻(强力提拔)的时候减速箱体的整体受力是最大的时候,它不仅承受给进油缸 100 kN 的推力,还受到油泵马达传递给主轴的旋转切向力,具体受力如表 2 所示。

表 2 箱体受力情况

受力位置	F_a 轴向力/ N	F_r 径向力/ N	受力位置	F_a 轴向力/ N	F_r 径向力/ N
主轴上	10	6333	II 轴下	0	15470
主轴下	0	20210	III 轴上	0	40331
II 轴上	0	23210	III 轴下	0	61330

从表 2 可以看出,主轴受力最为严重,根据圣维楠原理,着重分析主轴箱体处的受力,因箱体本身有多处尖角,为了不影响网格划分,在分析前对箱体结构进行简化,选择四面体实体单元,设置好各参数后进行网格划分。

划分单元格选择最大应力 - vonMises 为最大边界条件,选择 FFEPLUS 运算器进行计算,通过分析 solid works simulation 运算,我们可以看到如下结果:在承受 100 kN 正压力的情况下,最大应力位于箱体顶部,为 60.9 MPa,小于材料屈服强度 65 MPa,其应力满足箱体强度要求(参见图 2);但我们在箱体位移变形图中(图 3)可以看出,其箱体最大位移变形出现在箱体顶部,粘连主轴箱体孔处,在其变形量应变图中可以看到其最大位移变形量为 0.4 mm。



图 2 箱体应力变形图

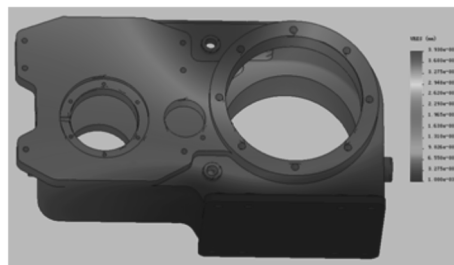


图 3 箱体位移变形图

这个变形量是很大的,它会影响主轴端部的密封,造成漏油,所以箱体此处需加强,增加箱体厚度,改善箱体局部的受力情况,使其刚度满足要求。

3 XDQ-1200型钻机动力头的分体优化设计

对动力头的减速箱体和变速箱体进行优化设计后,发现其总质量为531 kg,虽然其质量比原先轻,但在山区丘陵地带搬迁还是不方便,还未达到设计目标的搬迁单元200 kg的目标。为此,需重新寻找新的思路解决问题。

在设计过程中我们发现,可将动力头拆分成几个单元,分解开搬迁。通过分析,将动力头分解成液压马达、变速箱、减速箱、液压卡盘4大部分。

动力头的分解要求:(1)便于拆卸搬运,模块化单一,不能有太繁琐的部件拆卸;(2)便于安装,且快速安装复位性能好,能可靠安全的定位。

减速箱与液压卡盘的分解,主轴需要分解成2个部分,而主轴带动钻杆旋转,它的上下两部分的定位直接影响钻杆的摆动和钻进的平稳性。这样需要对最初的设计进行结构上的优化,保证主轴能准确、高精度的定位,有良好的导向性,减少钻杆的摆动。动力头优化后如图4所示。

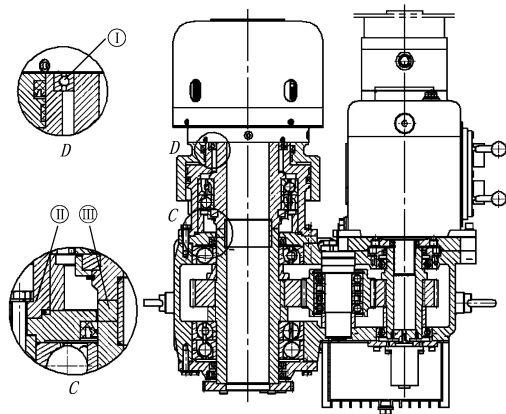


图4 优化后的动力头结构示意图

(1)改变油缸形式,并在I处增加了浮动的向心轴承,与底下两盘定位轴承构成了一个简单的浮动机构以增加它的向心性能,保证上半部主轴在旋转时候上下有一个很好的同心度;

(2)在主轴的上、下部分定位上采用了一个超静定位结构(II处双定位、III处定位),这样虽然对

主轴的加工精度提出了更高的要求,但解决了主轴在旋转过程中磨损后定位失效,上下主轴同心条件保证不了的难题。

经以上优化,动力头分解后其中液压马达重65 kg、变速箱重114.6 kg、减速箱重187.6 kg、液压卡盘重182 kg,这样分解开的单元质量 ≥ 200 kg,便于在山区丘陵地区搬迁,达到了设计的目标,具体分解情况如图5所示。

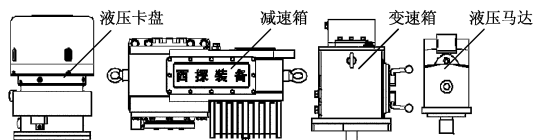


图5 动力头分解图

4 结语

本次设计将有限元优化设计相结合,通过参数优化设计,确定了箱体材质,进行了动力头箱体、变速箱体的各主要尺寸的优化。XDQ-1200型钻机已生产并投入了使用,客户从2014年6月购机,并在陕西省安康市紫阳钛磁铁矿钻探使用,单孔最大钻深531.6 m,其间反馈使用正常,经过初步的实际使用,客户认为钻机动力头布局合理,性能优良,可靠性高,钻探工艺适应性强,适用于山区作业,本次的设计也为以后的设计积累了经验。

参考文献:

- [1] 彭儒金,戴圣海,等. XY-6B型岩心钻机的研制和应用[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2012,39(9).
- [2] 陆惠明. 基于MATLAB的液压钻机减速器多目标优化设计[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2012,39(3).
- [3] 朱恒银,刘跃进. FYD-2200型全液压力头钻机的研制及应用[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2009,36(S1).
- [4] 武汉地质学院,等. 岩心钻探设备及设计原理[M]. 北京:地质出版社,1980.
- [5] 王助成,等. 有限单元法基本原理和数值方法[M]. 北京:清华大学出版社,1997.
- [6] 谢祚水. 结构优化设计概论[M]. 北京:国防工业出版社,1997.
- [7] 陈超祥,叶修梓. Solid Works Simulation基础教程[M]. 北京:机械工业出版社,1980.
- [8] 杨叔子. 机械加工工艺师手册(第五版)[M]. 北京:机械工业出版社,2002.