

# 基于 ABQUS 的液压支架底座 在使用中的结构性能研究

成 伟

(山西兰花科创玉溪煤矿有限责任公司)

**摘 要:**针对液压支架中底座在使用过程中存在结构变形、局部开裂等失效现象,以 ZF12000 型液压支架为分析对象,在分析其结构特点基础上,开展了底座在不同工况条件下的结构性能研究,找到了底座中部纵向筋板及柱窝是整个结构的薄弱部位,从材料属性、结构尺寸、热处理工艺等方面提出了底座结构改进措施,这对指导底座的进一步优化改进具有重要参考价值。

**关键词:**煤矿;液压支架;底座;有限元;结构性能

## 引言

随着国家对煤矿资源的大量开采,越来越多煤矿设备被应用到了煤矿开采中,包括采煤机、掘进机、带式输送机、液压支架等设备,其中,矿用液压支架在井下作业过程中主要起到支撑巷道作用<sup>[1]</sup>。其结构中的底座作为液压支架中的重要部件,支撑作业过程中由于受到较大的外界载荷及冲击载荷作用,加上底座整体结构主要采用的焊接方式进行固定连接,导致底座整体结构出现结构变形、局部开裂等失效现象,一旦底座发生了结构失效现象,不仅会影响着整个矿井的开采进度及效率,也将对井下的作业安全构成严重威胁<sup>[2]</sup>。掌握底座在不同工况下

的结构性能及变形规律,有针对性的对其进行结构优化改进显示十分必要。为此,在分析 ZF12000 型液压支架结构特点基础上,开展了底座在不同工况下的结构性能研究,并有针对性的提出了底座的结构改进措施,这对提高底座及液压支架的结构安全具有重要意义。

## 1 液压支架组成分析

液压支架是整个井下作业中的重要支撑设备,主要负责对巷道进行支撑作用,防止井下发生坍塌现象。液压支架根据其作业工况的不同,一般包括掩护式液压支架、支撑式液压支架、支撑掩护式液压

支架<sup>[3]</sup>,以ZF12000型液压支架为例,该设备的主要组成部分包括顶梁、掩护梁、立柱、底座、连板、液压系统、电气系统等,其结构示意图如图1所示。根据巷道煤层的高度不同,可通过立柱来实现顶梁高度的调节。其中,底座则是液压支架中的关键部件,其上部铰接耳及柱窝主要与连板及立柱柱窝头进行连接,底座底板则主要与巷道地面进行接触,当顶梁受到向下的载荷作用时,通过立柱及掩护梁部件,将作用力传递至底座上,并最终传递至大地上,以实现有效支撑作用。在此过程中,底座承受着来自顶部的全部外界载荷作用<sup>[4]</sup>。最终会使底座发生严重的结构变形,甚至达到报废状态。采用当前成熟的有限元分析方法,对底座进行结构性能研究,成为当前高效掌握底座变形规律,提高其结构性能的重要方法。

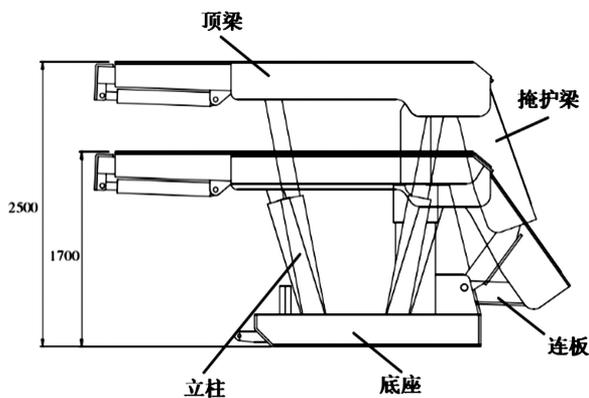


图1 液压支架结构组成示意图

## 2 底座模型建立

### 2.1 底座三维模型建立

为进一步分析底座在使用过程中的结构性能,需对其进行分析模型建立。故选用了proe软件,对底座的底板、柱窝、横向筋板、纵向筋板及铰接耳等特征进行了模型建立。为提高后文底座模型的分析精度,缩短分析时间,将底座模型中的非关键圆角、倒角、螺栓圆孔等特征进行模型简化,仅保留了底座

中关键特征,所建立的模型按照1:1进行模型建立<sup>[5]</sup>。所建立的底座三维模型如图2所示。

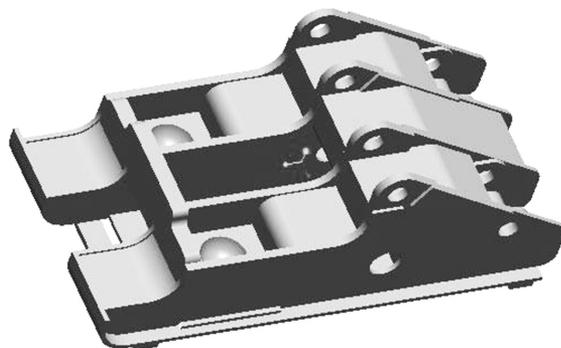


图2 底座三维模型

### 2.2 底座仿真模型建立

#### (1) 材料属性设置

利用ABAQUS软件,开展了底座的仿真模型建立。在软件中,根据底座的实际使用材料特征,将底座的材料设置为Q345材料,其材料密度为 $7850\text{Kg}/\text{m}^3$ ,屈服强度为 $345\text{MPa}$ ,弹性模量为 $200\text{GPa}$ ,泊松比为 $0.3$ 。通过软件中的材料属性功能,赋予底座的材料为Q345<sup>[6]</sup>。

#### (2) 底座网格划分

在完成底座的材料属性设置后,由于本文将重点对底座的应力和位移进行分析研究,故首先在软件中对其进行了场输出设置,定义了应力和位移的输出结果。根据底座的结构特点,在对底座进行Solid实体单元类型设置后,对其进行了四面体网格划分,网格大小为 $10\text{mm}$ 。由于底座柱窝为整个结构的关键受力点,故将底座进行了网格加密处理。

## 3 底座结构性能分析

### 3.1 顶梁两端受向下载荷工况时分析结果

结合仿真分析结果,得到了底座在顶梁两端受向下载荷工况下时的应力和位移变化结果。如图3所示,底座整体结构上的应力出现了分布不均匀现象,最大应力值达到了 $471.56\text{MPa}$ ,集中在底座的中

部过桥及柱窝等区域,应力值已超过其材料的屈服强度 235MPa,由此可判断,底座整体结构已基本处于严重变形失效状态。由图4可知,底座整体结构的变形现象较为明显,最大变形量出现在底座左前端边沿处,最大变形量为2.917mm,沿其他方向,底座结构呈逐渐减少的变形趋势。分析原因为:在顶梁两端收到较大外界载荷作用力时,外界作用力传递到中部柱窝处,使得底座的中部过桥和柱窝等区域发生了较为严重的结构失效现象。为此,需进一步对底座进行结构优化改进设计。

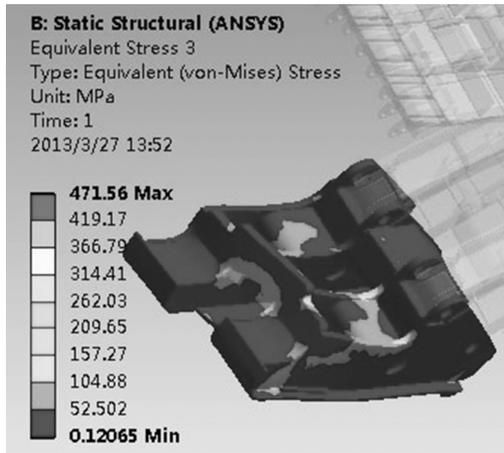


图3 底座应力变化图

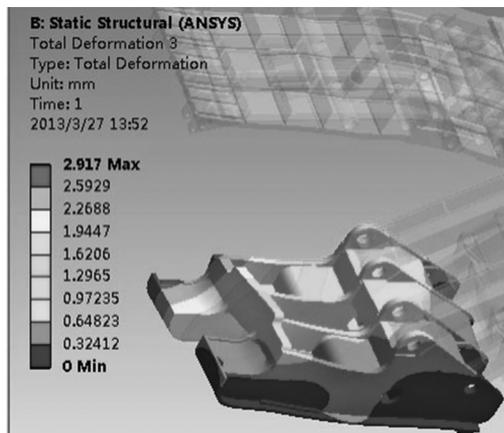


图4 底座位移变化图

### 3.2 顶梁前端受扭矩载荷工况下分析结果

通过仿真分析,得到了底座在顶梁前端受扭矩载荷工况下的分析结果。由图5可知,底座在此工况下虽出现了应力分布不均匀现象,局部区域也出

现了应力集中现象,但应力值相对较小,最大应力值为128.97MPa,主要出现了底座的中部纵向筋板及柱窝区域,未超过其材料的屈服强度 235MPa,整体结构强度相对较高。由图6可知,底座整体结构也出现了位移变化不均匀现象,最大位移变形量为0.49378mm,相对较小,主要出现在底座的中部纵向筋板与柱窝等区域。由此可说明,底座在顶梁两端受扭矩载荷工况时的结构性能相对较高,基本能满足底座的现场作业需求,但为有效提高底座的结构性能,有必要对底座进行结构优化改进设计。

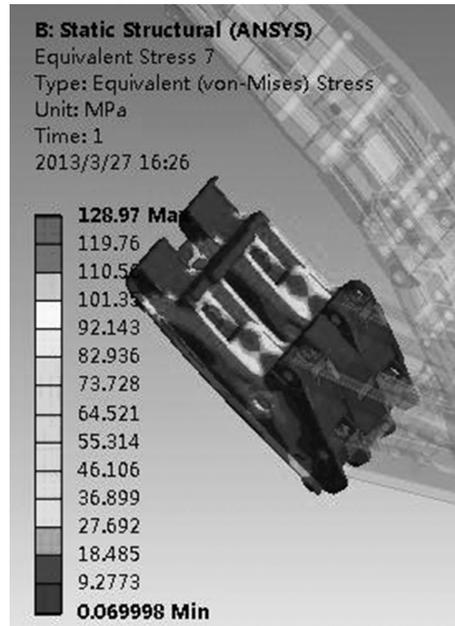


图5 底座应力变化图

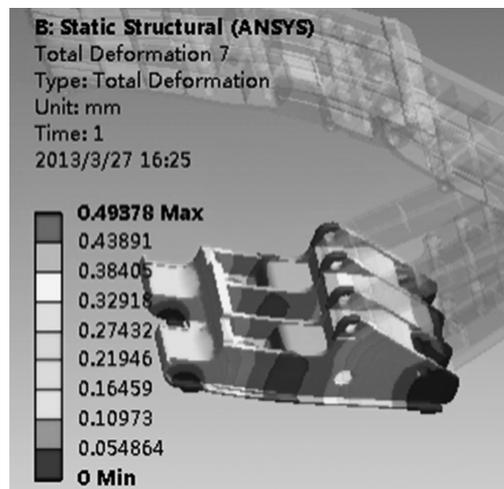


图6 底座位移变化图

#### 4 底座的结构改进

根据底座的结构性能分析,得出在底座中部纵向筋板及柱窝等区域出现了较大的应力集中及结构变形,是整个结构的薄弱部位。为保证底座在使用中具有较高的结构性能,需对其进行了结构优化改进设计。

①可将底座的材料由当前的Q235材料改变给Q460高强度钢材料,可使得其材料的屈服强度由235MPa提升至460MPa,虽针对工况1时的材料屈服值仍相对较小,但所差强度可通过结构改进来弥补,以此提高底座的结构强度;

②将底座的纵向筋板增加4mm,并在薄弱且不干涉区域焊接加强筋结构,以增加纵向筋板的结构性能;

③在底座生产加工时,对柱窝处及周边进行加热淬火的热处理,以提高此区域的材料强度及刚度,减少柱窝处的磨损情况;

④在底座纵向筋板及柱窝上应力集中附近,在不影响底座结构性能基础上,开设直径为2mm孔径的小孔,可有效缓解底座上的应力集中现象。

#### 5 结论

结合液压支架及底座的结构特点,采用PROE及ABAQUS软件,通过建立底座的分析模型,开展了底座在不同工况下结构性能仿真分析研究,得出如下结论:

(1)底座在顶梁两端受向下载荷工况下,在底座中部过桥及柱窝等区域出现了较大的应力集中和结构变形现象,整个底座基本已处于严重变形失效状态,其结构强度已无法满足当前液压支架的支撑性能要求;

(2)底座在顶梁前端受扭矩载荷工况下,其结构中部纵向筋板及柱窝等区域虽出现了较大的一定的应力集中和结构变形,但整体变形量相对较小,均在材料的屈服强度范围内,底座结构强度相对较好,处于安全作业状态;

(3)从结构尺寸、材料厚度、材料属性、热处理加工等方面,提出了底座的结构改进措施,增强了底座的结构性能;

(4)此研究对掌握底座在不同工况下的结构性能、提高底座的使用寿命具有重要作用,也缩短了底座结构的分析及结构改进周期,对底座的改进具有重要作用。

#### 参考文献:

- [1]史根军. 液压支架结构改进设计研究[J]. 煤矿机械, 2021, 42(01):115-117.
- [2]原长锁. 神东液压支架减重优化设计研究[J]. 煤炭工程, 2020, 52(12):172-174.
- [3]周永情, 周玉亮. 基于有限元的液压支架关键部件参数化设计方法[J]. 煤矿机械, 2020, 41(12):17-19.
- [4]常青. 基于Workbench的放顶煤液压支架底座的强度分析[J]. 煤矿机电, 2020, 41(05):75-77.
- [5]宋智鹰, 李提建. 液压支架底座对角加载模型及有限元分析[J]. 矿山机械, 2019, 47(11):1-5.
- [6]邵海磊, 郭海伟. 六柱支撑式固体充填液压支架有限元分析[J]. 通用机械, 2019(10):41-43.