

C型吊具结构设计及应力分析

师小鹏 牟凯 杨鹏

陕西陕煤黄陵矿业有限公司 陕西 延安 727307

摘要: 立柱起吊安装在综采设备维修过程中存在安全隐患,吊具的结构强度直接影响作业维修进度以及职工作业安全,C型吊具由于结构简单,重量轻,使用方便快捷而被应用。文章通过作业现场实际工况对C型吊具进行结构设计,并使用UG软件对该装置进行三维建模,使用Hyperworks有限元分析软件对该装置进行应力分析,根据分析结果对其结构进行优化。通过此方法可快速进行正向设计和类比分析,为此类产品设计分析提供思路。

关键词: 吊装用具;结构设计;有限元分析;结构优化

引言

黄陵矿业机电公司机电总厂主要负责黄陵矿区液压支架等综采设备的维修,在进行液压支架立柱架内安装时,机电总厂以往使用起重机配合,但因为侧护、顶梁的限制,导致起重机存在歪拉斜挂现象,一是容易造成设备损坏,二是钢丝绳的磨损用量增加,同时因为立柱竖直起吊,重力势能大,存在倾倒风险,安全隐患大。为确保现场安全作业,机电总厂设计一件立柱的架间安装用具,以提高作业安全性,减少职工作业强度^[1]。

1 设计思路

机电总厂根据液压支架侧护及顶梁的结构,设计出两种类型的起吊工装,如下(图1、图2)所示,分别为C型及口字型两种吊具。

两种吊具都是利用起重机起吊,绕开侧护板及顶梁,实现立柱安装的。

不同的是,C型吊具是从侧护板方向进入架内,而口字型吊具则是从支架正前方,依次穿过护帮板、顶梁进

入架内,但因为立柱并不在支架正中,吊具吊装立柱产生倾斜,进出支架都会十分困难,而C型吊具上下吊点可以在同一竖直平面内,这样保证了吊具不会出现较大的倾斜,方便吊具进出,故选用C型吊具。

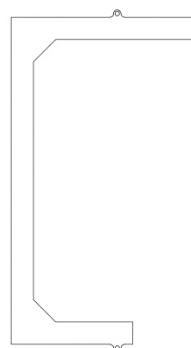


图1 C型吊具

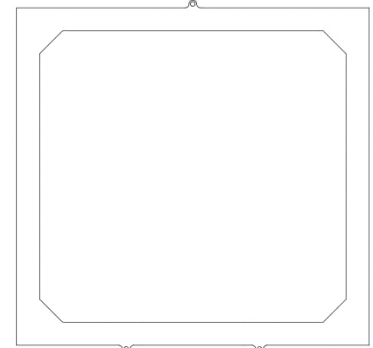


图2 口字型吊具

2 结构设计

以ZY12000液压支架为例,该液压支架基本参数如表

1、图3所示:

表1 液压支架基本参数

立柱质量 /T	立柱长度 /m	支撑高度 /m	底座高度 /mm	侧护板高度 /mm	柱窝深度 /mm	支架宽度 /m	柱窝中心至侧护板伸出状态距离 /mm
2.7	2.6 (回收状态)	2.8~6.3	600	500	500	1.65	560

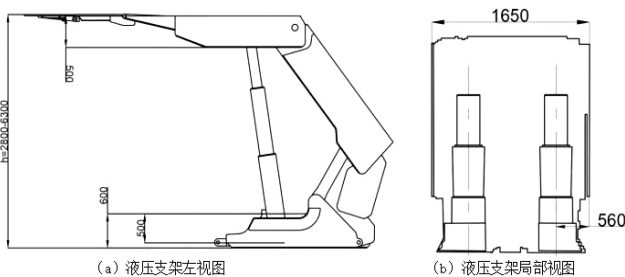


图3 液压支架视图

支架至少升高至3.7m以上,且C型吊具竖直高度在

1-3.6m之间,即可绕过顶梁及侧护板。柱窝中心至侧护板伸出状态距离为560mm,即C型吊具的吊点与竖梁的距离应在560mm以上。

对吊具具体尺寸进行设计:

1) 因吊具与立柱使用吊链连接,立柱与吊具之间的距离为600mm,倒角处拟设计为边长150mm,故H = 1.9m;

2) 机电总厂现有为Q235A和Q345B,因Q345B更适用于高强度结构件,故选用40mm厚的Q345B钢板。

3) 因立柱缸筒外径为470mm, 故将起吊立柱用的两吊点距离设为470mm。

4) 两吊点大小相等相对于A点对称, 如图4所示。故

$$F_1 = F_2 = \frac{1}{2} G_{\text{立柱}} \quad (1)$$

即A点受力

$$F = G_{\text{立柱}} \quad (2)$$

式中: F_1 、 F_2 为吊具下方两吊点对吊链产生的拉力, $G_{\text{立柱}}$ 为立柱的重力, F 为A点所受拉力。

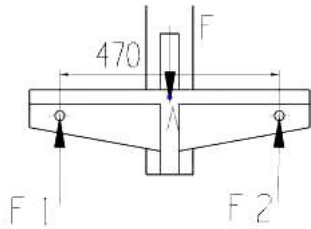


图4 A点受力图

5) 根据Q345B屈服极限可得:

Q345B的许用应力为 $[\sigma] = \frac{\sigma_s}{n_s} = 230\text{MPa}$; n_s 为钢材的安全系数, 一般为1.5^[2]。

6) 由于A与B在同一竖直面上(如图5), 则两处弯曲应力相同。

7) 以B点为例,

$$\text{由公式 } \sigma_{\max} = \frac{M_B}{W_z} \leq [\sigma] \quad (3)$$

$$M_B = F \times L \quad (4)$$

$$W_z = \frac{bh^2}{6} \quad (5)$$

式中: W_z 为抗弯截面系数, σ_{\max} 为最大弯曲应力, M_B 为B点所受弯矩, b 、 h 为悬臂截面尺寸, L 为力臂长度。

由公式可得 $L = 570\text{mm}$, $h = 150\text{mm}$ 。

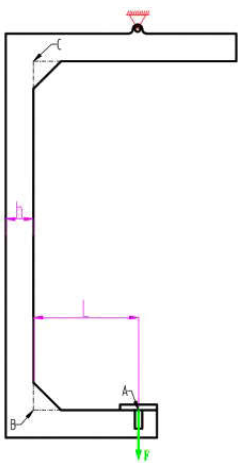


图5 B点受力图

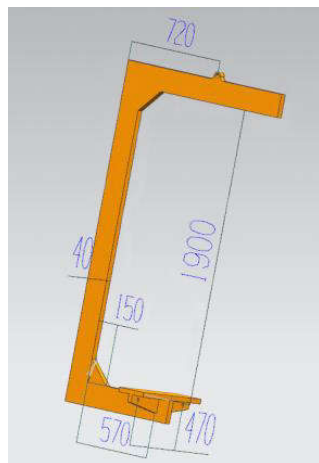


图6 C型吊具三维模型

综上可得C型吊具尺寸如图6所示:

(1) 竖梁长度为1900mm;

(2) 上下吊点距竖梁570mm;

(3) C型吊具宽度为150mm; 竖梁与悬臂间的肋板边长150mm; 吊具厚度为40mm;

(4) 下方悬臂两吊点孔间距470mm;

(5) C型吊具材料选用Q345B钢。

3 基于 Hyperworks 的有限元分析

将三维模型导入有限元软件内, 并对其进行网格划分, 网格划分后的模型:

将材料属性进行赋值, Q345B的弹性模量为 $E = 2.1 \times 10^9 \text{Pa}$; 泊松比 $\mu = 0.3$; 密度 $\rho = 7.85 \times 10^3 \text{Kg/m}^3$ 。

对上方吊点进行六个自由度的约束^[3], 对下方两吊点各施加大小为13367N, 方向为Z轴负方向的力, 将约束与载荷加载后便可进行运算求解, 求解完成后, 可得到应力分布图。

由应力分布图可以看出, 吊具在B、C点处收到的应力较大, 存在一定的应力集中现象, 且最大应力超出了Q345B的许用应力, 故吊具在长时间作业时可能导致吊具出现弯曲变形、存在裂缝, 严重的可能导致吊具断裂, 工件砸伤作业人员, 存在安全隐患, 故须对其进行结构上的优化。

4 结构优化

根据上节有限元分析, 可知B、C两点处受到的应力较大, 故我们将采用两种方式对吊具进行优化。

1) 对B、C点处进行加固

将一厚度为30mm的L型钢板与吊具转角处(B、C点)进行焊接。如图7所示, 这样即可增加B、C点的横截面积, 提高其抗弯截面系数, 减少弯曲应力^[4]。

对其再次进行有限元分析后, 其应力分布如图8所示。

通过应力分布图可以发现, 应力集中现象依旧存在, 但其最大应力已小于Q345B的许用应力。故结构优化成功。

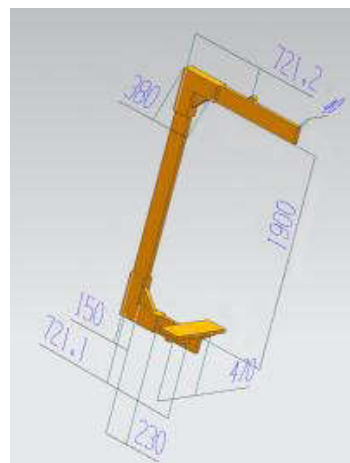


图7 加载L型板的吊具三维模型

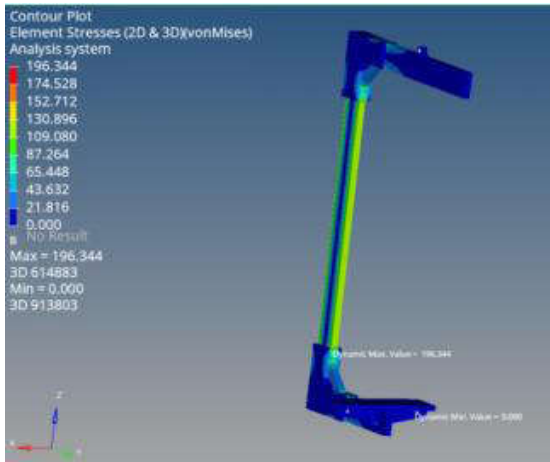


图8 加载L型板的吊具应力分布

2) 改变B、C处肋板的结构

将吊具肋板倒边角改为倒圆角，原倒边角边长为150mm，现改为半径为150mm的倒圆角。

通过应力分布图可以发现，吊具收到的应力更加均匀，其最大应力小于Q345B的许用应力。当采用倒圆角形式的肋板后，再将其外表面进行淬火处理，将大大提高

吊具的强度。

5 结论

该装置设计完成后，在黄陵矿业二号煤矿420工作面ZY12000型液压支架大修作业立柱安装作业投入使用，效果良好。原工作流程一天需4人进行配合，仅能安装8根立柱；现在通过该装置仅需2人便可安装立柱20余根，工作效率提高至5倍，这样不仅降低了职工的作业风险，还节约了大修成本约2.5万元，缩短了200余工时。

参考文献

- [1]吴乾进.起吊吊具设计的强度校核方法[J].热带农业工程,2018,42(03):26-30.
- [2]蒋萍,戴卫刚,李锋宝,张华兵,刘娜娜,沈锋.汽车吊具开臂动态分析与静强度校核[J].机械制造,2022,60(02):29-31+33.
- [3]冯江峰,王敏,窦聪,张莎.锻造前轴结构设计及强度校核研究[J].汽车实用技术,2020,45(16):27-29.
- [4]颜顺忠.柔性吊具的优化与设计[J].机械制造,2012,50(09):71-75.