



# CAD/CAE 技术在 6.3 m 液压支架开发中的应用

尹永霞, 赵俊丽, 甘伟

(郑州煤矿机械集团有限责任公司, 河南 郑州 450013)

**摘要:**介绍了 CAD/CAE 技术在 ZY10800/28/63D 液压支架研制开发中的应用。通过 CAD 技术进行三维造型,并在其基础上进行了虚拟样机的动力学仿真,高效率地实现对整机性能的分析 and 评估。应用 ANSYS、MAGMASoft、ABQUS、SYSWELD 等 CAE 软件进行了支架的全应力分析、局部应力分析、铸造工艺优化、焊接工艺模拟和残余应力应变的计算。

**关键词:**6.3 m 液压支架;CAD/CAE 技术;综采设备

• 中图分类号:TD355.4 文献标识码:A 文章编号:1003-0506(2007)06-0009-02

## Application of CAD/CAE Technology in the Development of 6.3 m Hydraulic Support

YIN Yong-xia, ZHAO Jun-li, GAN Wei

(Zhengzhou Coal Mine Machinery Group Limited Liability Company, Zhengzhou 450013, China)

**Abstract:** Application of State-of-the-art CAD/CAE technology in the ZY10800/28/63D hydraulic support exploitation are introduced. 3D model is set up by CAD software, makes dynamic simulations based on virtual prototype, thus helping research team do auxiliary analysis and evaluation. CAE software, such as ANSYS, MAGMASoft, ABQUS and SYSWELD are used to calculate stress of hydraulic, Cast process optimize and welding simulate.

**Keywords:** 6.3 m hydraulic support; CAD/CAE technology; full-mechanized mining equipment

6 m 以上安全、高效、一次性采全高综采设备是当今世界上采矿业重点攻关难题。相对来讲,作为占综采成套设备中比重最大(占总投资的 50% ~ 70%)的液压支架,在技术、工艺制造水平及材料选择方面与国外水平差距较小,具备了研发高可靠性大采高液压支架的条件。郑州煤矿机械集团开发的二柱掩护式 ZY10800/28/63D 液压支架工作阻力超过 10 000 kN,高度 6.3 m<sup>[1]</sup>。在支架的研发过程中,应用 CAD 建模虚拟样机代替物理样机进行结构设计的检验和优化;通过 CAE 软件进行全应力、局部应力分析,计算了支架在各种工况下的应力分布,进行了强度和疲劳情况的校核;借助铸造和焊接 CAE 软件进行仿真模拟,优化了焊接和铸造工艺。实现了 6.3 m 液压支架的一次性开发成功。通过实际生产检验,模拟结构与实际生产相一致。

### 1 CAD 建模和虚拟样机仿真计算

收稿日期:2007-08-01

作者简介:尹永霞(1979-),女,河南扶沟人,助理工程师,2002年毕业于昆明理工大学,现从事煤矿机械技术工艺处理工作。

#### 1.1 CAD 建模

应用 SolidWork 软件进行支架的三维建模。在通过 CAD 三维建模的虚拟样机的设计中,采用自上而下(Top-Down)的设计方法,先设计总装图,然后拆部件和零件图。由于在装配体上直接设计出零部件,这样就从根本上避免了干涉现象的产生,同时当装配体设计完毕,零部件也就自动生成,减少了工作量,大大缩短了 6.3 m 支架的开发周期。针对 CAD 软件不易识别柱窝和立柱缸体底部圆球面的配合关系的问题,建模过程中将立柱简化成铰点,这样在进行动力学分析和运动学分析时比较方便(简化成转动副)<sup>[2]</sup>。

#### 1.2 虚拟样机的仿真运动计算

虚拟样机分析可以指导物理样机的设计工作,同时能够进一步为细化虚拟样机提供参考,反映环境对支架性能的影响。通过虚拟样机的仿真运动可以直观地看出设计可能存在的干涉情况,通过虚拟样机的计算可以对设计参数进行优化,图 1 为通过仿真运动计算优化后得到的 6.3 m 液压支架顶梁双扭线。

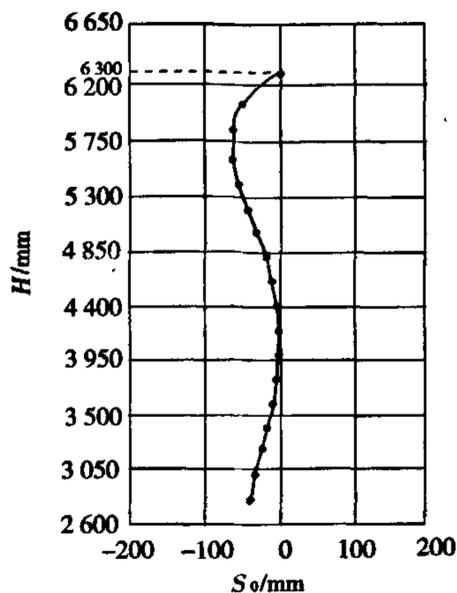


图1 优化后的顶梁双扭线

## 2 CAE 应力分析

### 2.1 全应力分析

通过虚拟样机全应力分析技术,先在计算机上将整个压架试验过程模拟完成,找出支架的薄弱部位,再重新修正,可以保证压架试验一次成功。将三维模型输入到 CAE 分析软件中,输入边界条件和初始条件及相应载荷参数,对液压支架整机及部件的应力分布做出正确计算,通过可视化的分析结果来判断支架的受力分布及承载能力情况<sup>[3]</sup>。

### 2.2 局部应力校核

根据全应力分析计算结果,对支架容易产生失效的部件进行局部应力分析。采用计算机辅助分析手段,可以通过应力模拟对支架的结构和强度做出合理的评价,通过 6.3 m 支架一种连杆设计方案在 1.05 倍额定加偏载时的应力计算,可以看出连杆的铰接处应力最大。柱窝是液压支架集中受力部位,通过应用 ABQUS 软件对材质为 30Cr 06A 的柱窝零件加载 1.05 倍额定载荷时的应力分布可知,在该载荷下没有发生失效,材料强度符合设计要求。

## 3 CAE 技术对柱窝零件铸造工艺的优化

柱窝零件在液压支架中是集中受力部件,原柱窝零件的底座为实体,原工艺设 30 : 50 : 70 (mm) 的浇注系统和  $\varnothing 100$  mm  $\times$  100 mm 的冒口 2 处;浇注温度为  $1\ 560 \pm 10^\circ\text{C}$ ;浇注时间为 35 s;木模、树脂砂型铸造。应用 MAGMAsoft 按该工艺进行模拟。通过 POROSITY 判据可见,在耳的根部与底座的连接处温度高而且不均匀,容易形成热裂缺陷;柱窝窝口处的冒口虽然有一定补缩作用,但不易加工。按原

工艺进行铸造生产,压架后拆解柱窝零件发现,在零件底座中心和耳处有较大的缩孔出现。柱窝的窝口面有严重的裂纹,沿  $60^\circ$  扇形中心线连续分布,贯穿 400 mm,宽度比窝口面大,经对开裂处进行破坏性检测,除球面体局部连接外,区域部位均有裂纹。

通过力学分析,对柱窝的形状和工艺进行了改进。对柱窝的底座部分采取十字筋设计,替代了原来的实体,对耳处加以对称分隔圆滑过渡。改进后的零件造型,不会形成点受力的恶劣情况,最大限度地降低了底面悬空;而且耳处的改动消除了应力集中。由凝固后的 POROSITY 判据可见,最后凝固区域和缩孔基本上集中在冒口区域。应用 CAE 优化设计后的工艺进行浇注,裂纹现象基本消除。

## 4 焊接 CAE 技术在结构件中的应用

在液压支架中主要承重结构是结构件,这些结构件都是由板材焊接而成的,顶梁、掩护梁、连杆、底座等结构件其受力复杂,且其质量品质与焊接质量有着直接关系。在 6.3 m 液压支架的开发中,应用 ANSYS 对焊接结构进行疲劳分析;借助装配模拟向导,应用 SYSWELD 对焊接后应力和变形分析。通过焊接 CAE 软件对结构件焊接热模拟过程、焊接热变形、焊接残余应力等模拟仿真,保证了 6.3 m 液压支架焊接工艺的正确性和焊接强度的可靠性。

## 5 结论

(1)在 6.3 m 液压支架的开发中,进行了 CAD 三维造型和虚拟样机的 CAE 应力计算,铸造工艺的 CAE 模拟优化,焊接 CAE 焊接接头热过程和应力、应变模拟仿真。

(2)保证了支架的可靠性,解决了柱窝的裂纹问题,模拟结果与实际生产情况相符合。

(3)在 6.3 m 液压支架开发中,采用 CAD/CAE 技术后,开发周期缩短了 60%,开发成本降低了 80%。

### 参考文献:

- [1] 高有进. 6.3 m 大采高液压支架关键技术研究与应用[J]. 中州煤炭, 2007(2): 6~7.
- [2] 王国法, 徐亚军, 孙守山, 等. 液压支架三维建模及其运动仿真[J]. 煤炭科学技术, 2003, 31(1): 42~45.
- [3] 叶先磊. ANSYS 工程分析软件应用实例[M]. 北京: 清华大学出版社, 2003.

(责任编辑:郭海霞)