板式充液成形液压机结构分析

□ 天津市天锻压力机有限公司　韩宝奎

摘要：利用有限元分析软件对板式充液成形液压机进行分析，研究液压机在预紧以及满吨位工况下的应力及变形，保证充液时的强度和刚度满足设计要求。结果表明，该充液成形液压机上梁在满载工况下应力小于许用应力，同时刚度满足设计要求，研究方法和结果将充液成形液压机的组合机身的设计提供指导。

关键词：充液成形；有限元分析；液压机；组合机身；结构分析

韩宝奎

板式充液成形液压机由上横梁、下横梁，支柱、拉杆、滑块等重要部件组成，并通过拉杆预紧，使之组成一个封闭受力结构。由于受加工工艺及设备条件的限制，组合机身的强度、刚度等对充液成形液压机而言非常重要。因此，在设备的设计过程中，如何保证组合机身的整体强度和刚度，做到使组合机身的强度、刚度达到设计要求就成了大型锻压机设计的关键技术之一。因此，对组合结构进行三维接触有限元强度、刚度分析就显得非常重要。

1. 组合机身的有限元模型建立

（1）几何模型的建立　鉴于Solidworks软件的建模功能，采用在Solidworks软件进行三维实体建模，并将所建的模型导入有限元分析软件中，为尽可能保证分析条件与实际条件的一致，本分析中采用上横梁整体进行分析。几何模型如图1所示。

（2）载荷步的设定　本文中对上横梁的分析分为两个载荷步，第一个载荷步中给拉杆施加预紧力，工作油缸不参加工作，第二个载荷步为在预紧状态下，给滑块缸体满吨位压力，在上横梁油缸台肩范围内施加满吨位压力，即在初始装配预紧基础上对组合机身加载。

（3）边界条件的设定　边界条件的设定至关重要，边界条件设定的准确与否直接关系到分析结果的准确性。在第一个载荷步中机身只受到预紧力的作用，此时只对模型中的4个拉杆施加相应大小的预紧力；在第二个载荷步中除延用第一载荷步中边界条件外，在滑块和上梁的接触面施加相当于压力机主吨位的均布力。

（4）单元的选择和划分　组合机身是由上梁、下梁、支柱、拉杆、滑块、定位套等组合而成，各件彼此之间是相互接触的，为提高计算精度，对上横梁的一些关键部分进行了网格细化。网格划分后的模型如图2所示。

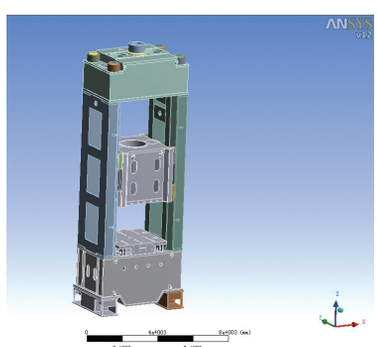

图1　几何模型

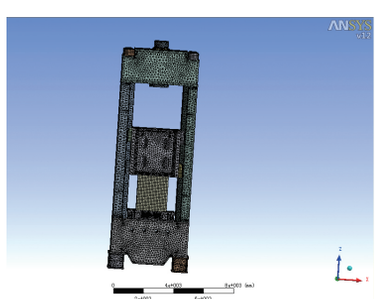

图2　网格划分模型

（5）材料性质　上下梁、支柱、定位套材料Q235-A，弹性模量为$E=2.0\times10^5$MPa，泊松比$\mu=0.3$，拉杆弹性模量为$E=2.0\times10^5$MPa，泊松比$\mu=0.3$。

（6）接触的设置　在进行三维接触有限元计算时需设置一些接触选项，主要有定义接触体、设置接触容限和偏斜系数，指定摩擦系数等。

接触分析可以定义三类接触体即可变形接触体、刚性接触体、有热传导的刚性接触体，根据实际情况在本文只将可能发生接触的单元都定义为可变形接触体。一般情形中，采用默认的接触容限定义就足以解决接触问题。接触容限的大小对接触求解精度和计算效率影响很大。因此本文设置摩擦系数为0.15。除此还需设置摩擦的类型，有限元软件中提供了三种简化理想模型来对摩擦进行数值模拟，即滑动库仑摩擦模型、剪切模型和粘—滑摩擦模型，除非有特殊情形，一般的情况下都选用滑动库仑摩擦模型。

2. 计算结果及分析

（1）整体机架计算结果　在第一载荷步中，仅对四根拉杆施加预紧力；第二载荷步中，在机身预紧的情况下，对滑块以及上梁挤压面施加满吨位的压力，在滑块下方下梁上设置一个与模具大小相等的垫块。对两个载荷步进行压机机身的受力及变形分析，其受力云图截取图片并进行结果分析。

预紧状态下的有限元分析结果。在装配时，对压机四根拉杆施加1.1倍的预紧力，在预紧状态下，压机整体变形及受力状态如图3、图4所示。

工作状态下的有限元分析结果。在满吨位工作状态下，压力机整体变形及受力状态如图5、图6所示。

上横梁计算结果。在满吨位工作状态下上横梁变形及应力状态如图7、图8所示。

滑块的有限元分析结果。在满吨位工作状态下滑块变形及应力状态如图9、图10所示。

下横梁的有限元分析结果。

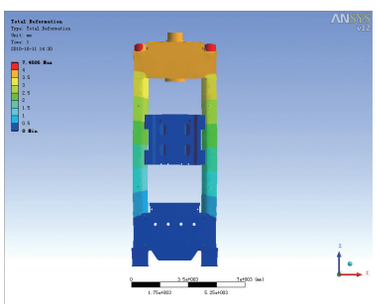

图3　预紧状态下整体变形

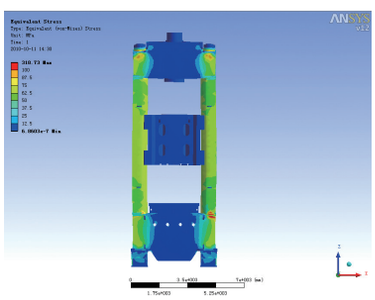

图4　预紧状态下应力状态

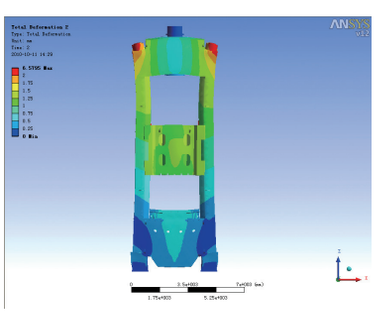

图5　工作状态下压机整体变形

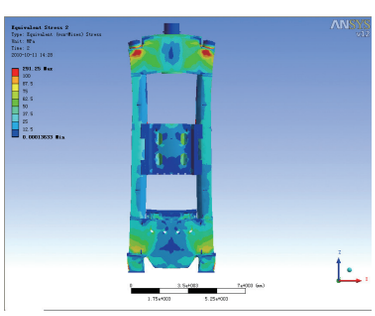

图6　工作状态下压机应力状态

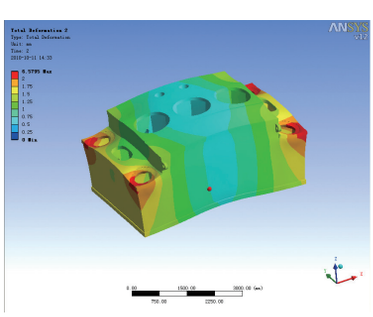

图7　工作状态下上横梁整体变形

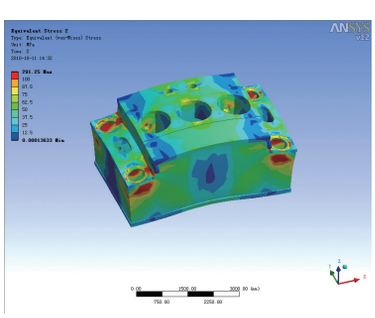

图8　工作状态下上横梁应力状态

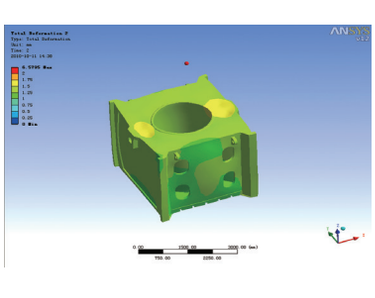

图9　工作状态下滑块整体变形

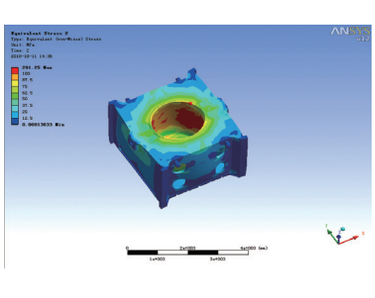

图10　工作状态下滑块应力状态

在满吨位工作状态下下横梁变形及应力状态如图11、图12所示。

支柱的有限元分析结果。在满吨位工作状态下支柱变形及应力状态如图13、图14所示。

拉杆的有限元分析结果。在预紧及满吨位工作状态下支柱变形及应力状态如图15~图18所示。

（2）液压机组合机身有限元结果分析　在第一载荷步结果分析。支柱在预紧状态下其本身纵向变形为-2.9mm（相对于自由状态），最大等效应力为65MPa；其变形和应力都在允许范围内，故支柱预紧状态状态良好。

拉杆在预紧状态下其本身纵向变形为+4.45mm（相对于自由状态），最大等效应力为117MPa；其变形和应力都在允许范围内，故支柱预紧状态状态良好。

在第二载荷步。该步加载完成后，机身总体变形较小，应力分布均匀合理，各接触件之间接触情况良好，满足设计要求。

上横梁本身最大纵向变形量为0.7mm，其变形约为1/6000，满足刚度要求；其最大弯曲等效应力为67MPa，满足应力要求，故上横梁满足设计要求。

下横梁本身最大纵向变形量为0.6mm，其变形约为1/7000，满足刚度要求；其最大弯曲等效应力为63MPa，满足应力要求。

在工作状态下纵向变形为-1.3mm（相对于自由状态），最大等效应力为34MPa，其强度和刚度均在允许范围内，故支柱满足设计要求。

滑块在工作状态下，其本身最大变形量为-0.7mm（相对于自由状态），缸体最大等效应力为110MPa，外部焊接钢板最大等效应力为52MPa，其强度和刚度均在允许范围内，故滑块满足设计要求。

在工作状态下纵向变形为+5.2mm（相对于自由状态），最大等效应力为136MPa，其强度和刚度均在允许范围内，故支柱满足设计要求。

综上所述，该组合机身结构的液压机在预紧以及工作两种状态

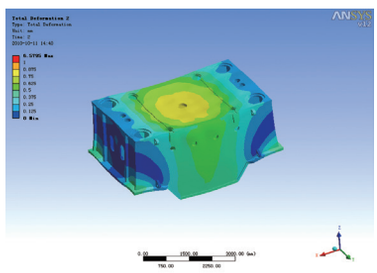

图11　工作状态下下横梁整体变形

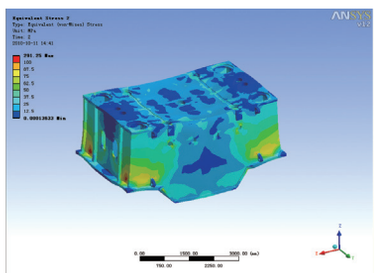

图12　工作状态下下横梁应力状态

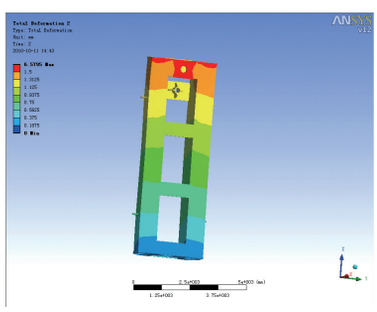

图13　工作状态下支柱整体变形

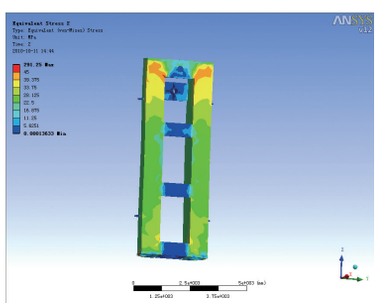

图14　工作状态下支柱应力状态

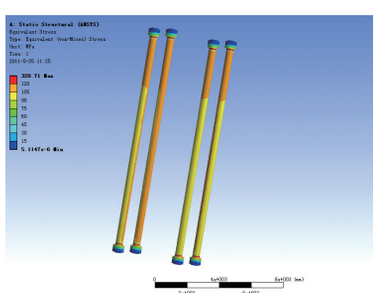

图15　预紧状态下拉杆整体变形

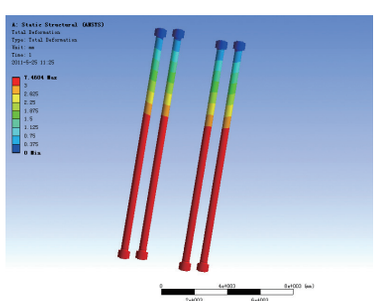

图16　预紧状态下拉杆应力状态

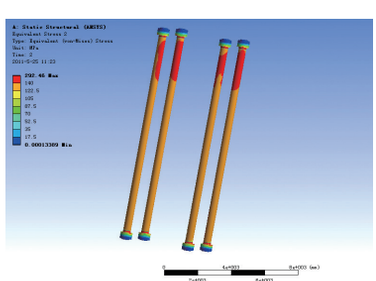

图17　工作状态下拉杆整体变形

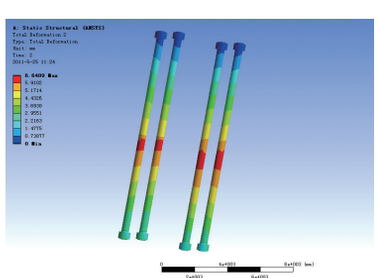

图18　工作状态下拉杆应力状态

电机冲片毛刺超差原因及解决方案

薛金良，沈春辉

根据多年从事大型电机冲裁模具组装、模具故障处理及模具加工工艺编制经验，对模具使用过程中电机冲片毛刺超差原因进行分析，并提出解决方案。

1. 四周毛刺不均且一边过大

(1)所有孔、槽型、毛刺同一方向超差　原因分析一，压力设备精度超差，可能造成毛刺超差：导轨间隙超差。滑块运动轨迹对工作台面垂直度超差。工作台面与滑块下平面平行度超差。压力机平衡缸压力值与上模重量不匹配。

解决办法：调整导轨间隙，保证导轨间隙在0.05mm以内。调整滑块运动轨迹对工作台面垂直度，保证100mm长度垂直度不超过0.02mm。调整工作台面与滑块下平面平行度超差，保证1000mm长度平行度不超过0.10mm。调整平衡缸压力，使之与上没重量匹配。

原因分析二，模具精度超差，可能造成毛刺超差：模具上模座上平面与下模座下平面平行度超差。模具凸凹模之间间隙不均。

解决办法：更换模架，保证平行度。调整凸、凹模间隙，保证间隙均。

原因分析三，已冲好冲片没来得及取出，二次冲裁后冲头瞬

下，各单件受力均匀，变形小，符合设计要求，整体机身各件在两种状态下接触状态良好，无明显开缝及其它不利状态，说明该液压机组合机身结构符合设计要求，完全能够满足其设计预期。

3. 结语

通过对板式充液成形液压机组合机身两种工作状态结构强度的分析研究，可以得到了以下结论：

（1）液压机在满吨位工作时，上横梁所受到的各个方向的应力均小于许用应力，满足设计要求。

（2）液压机在满吨位工作时，压机组合机身变形小于允许变形，因此该组合机身具有足够的刚度，满足设计要求。

（3）基于有限元组合机身结构强度分析，所得到的分析结果可以为工程实践提供一定三维参考。

基金项目：高档数控机床与基础制造装备 科技重大专项 课题编号2014ZX04002041

天津市科委技术创新引导专项（校企合作）——用于航空产业双动板式充液成形数控装备及工艺开发。

参考文献

[1] 俞新陆. 液压机[M] . 北京: 机械工业出版社,1999.

[2] 李皓月, 周田朋, 刘相新. 工程计算应用教程[M] . 北京: 中国铁道出版社, 2003.

[3] 商跃进. 有限元原理与ANSYS 应用指南[M] . 北京: 清华大学出版社, 2005.

[4] 机械工程材料性能数据手册编委会. 机械工程材料性能数据手册[M] .

[5] 王凤喜,钟玉水.航空工业的发展与模锻件的需求[J].锻压机械,1997,(5): 3-5

[6] 金淼,聂绍珉,郭宝峰.液压机本体CAD的现状及发展[J].锻压机械,2000,35(2):39-40

[7] Li Peiwu,Li Dejun.Dynamic response of forming processes in a screw press.ICTP[J], 1995:40-42

[8] 陈铂金.锻造液压机液压系统传动方式研究[J].锻压技术,2003,(2):44-47

MW 20160526