

基于 ANSYS 有限元分析的风力发电机机座设计分析

襄阳中车电机技术有限公司 吴望群 曾巍 李荡

针对机座出线的强度问题，运用 Pro/ENGINEER 建立机座的实体模型，采用 ANSYS 仿真技术对风力发电机机座的静态特性及疲劳强度进行分析，为设计提供合理的理论依据。通过对比分析：优化后机座性能有较大提升，采用有限元分析技术不仅可以减轻工作量，缩短设计周期，而且能提高分析精度。

风力发电不仅减少二氧化碳排放量，而且相较其他新能源领域具有开发成本低，技术可靠性高等特点。随着环境友好型社会的建立，风力发电的应用普及率逐年上升。影响其行业发展的关键问题就是电机的质量，与电机机座的机械性能问题有着密切关联。

ANSYS 有限元分析软件，在电机机座设计阶段就可以对其模态、振动、强度等进行模拟计算，从而及时有效地避免设计缺陷，优化设计，减少人力物力的浪费。机座作为电机的重要组成部分，有必要对其进行机械计算校核。

一、模型处理

根据结构特点，取电机钢板焊接机座为分析对象，分析时假设焊接质量良好，整个机座为焊接组件，建模时将焊接机座作为一个整体结构来处理，等效为一体。在模型处理时，对分析结果影响较小的圆角、倒角、螺纹孔和圆孔等结构则进行了必要的简化。

从工程实用角度出发，采用四面体实体单元，整个机座共离散为 105845 个节点、5760 个实体单元。其离散模型如图 1 所示，各坐标轴分别与电机轴的纵向、横向、垂向对应，其中 X 轴为纵向，Y 轴为横向、Z 轴为垂向。材料属性如表 1 所示。

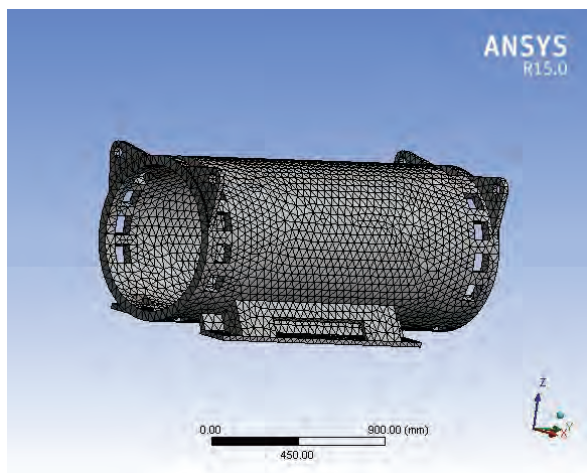


图 1 机座离散模型

表 1 材料属性

材料名称	密度 / ($\text{kg} \cdot \text{m}^3$)	弹性模量 / MPa	泊松比
Q235B	7.75	2.01×10^5	0.25

二、载荷和约束条件

机座在静止时，通过两端支脚的螺栓固定在平面上。其约束条件为：在一端支脚固定，另一端支脚施加垂向约束。

三、有限元结果

1. 模态分析

根据模态分析提取电机定子前六阶固有频率,通过云图表达其模态振型,云图中振型位移数的大小为一个相对量值,它表示的是各点在某一固有频率上振动量值的相对比值,并不反映实际振动位移值。10阶模态模拟结果如图2所示,10阶内模态固有频率模拟数值如表2所示。

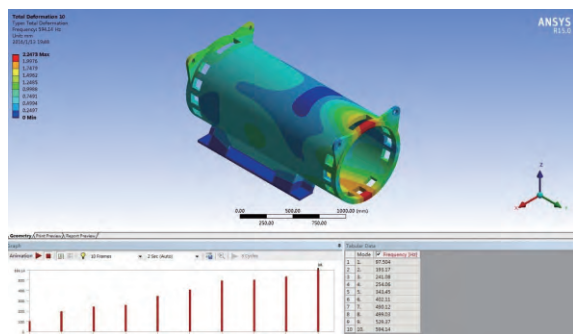


图2 10阶频率振型

表2 10阶内模态固有频率

阶数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
频率	97.504	193.17	241.08	254.06	343.45	402.11	490.12	499.03	529.37	594.14

由于风力发电机空载时的电磁振动主要是定子轭环作均匀的径向振动,其固有频率为:

$$f = \frac{1}{\pi D_c} \sqrt{\frac{E}{\rho \Delta}}$$

式中: D_c 为定子铁心轭平均直径, $D_c=651.2$; E 为铁心弹性模量 (N/m^2), $E=206 \times 10^9$; ρ 为铁心密度 (kg/m^3), $\rho=7.75 \times 10^3$; Δ 为质量附加系数, $\Delta = 1 + \frac{G_t + G_w}{G_c}$; G_t 、 G_w 、 G_c 为定子轭、定子齿、定子绕组(连绝缘)重量 (kg)。其结果为: $f=1.11$ 。

10阶内模态固有频率值为 $97.504 \sim 594.14$, 电机定子固有频率为 1.11 , 该频率值明显小于10阶内模态固有频率,因此机座结构不会由于电机频率引起共振。

2. 静力分析

机座在静止状态下时,机座的最大应力点为 2.2821MPa ,在支脚连接处,该处容易造成应力集中,应变值为 0.0062mm 。应力应变云图如图3、4所示。

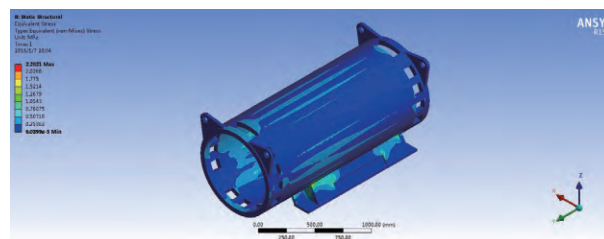


图3 应力云图

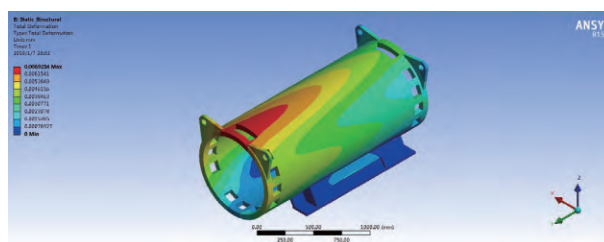


图4 应变云图

从机座云变形图可以看出,机座在静态时变形量较小,主要应变发生在机座上部,但机座整体的刚度较大,有较大的安全系数,满足设计要求。

3. 定子吊运时受力分析

定子转运时,使用吊具通过吊耳将机座吊起。常见的是对四个吊耳进行吊运。机座质量为 1762kg ,拉力为 17268N ,乘以 1.3 的动力系数,拉力为 22448N 。

吊运过程应力应变云图如图5、6所示。

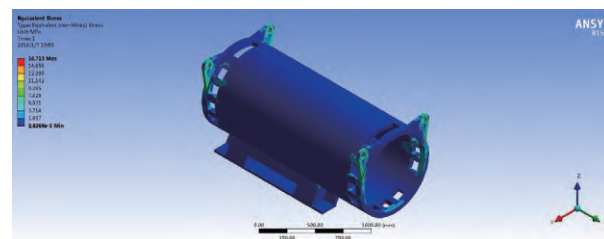


图5 吊装应力图

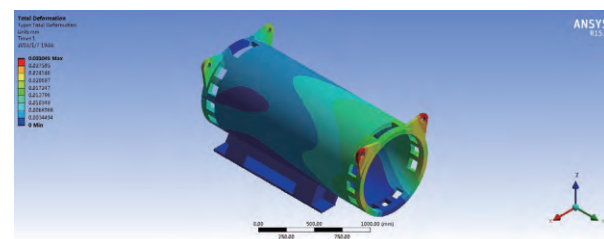


图6 耳吊装应变图

基于软件的发动机连接件半固态铸造过程的对比分析

重庆科创职业学院汽车工程学院 刘祥 任飞 魏良庆

铸造铝合金在汽车、摩托车零件中应用广泛，但传统铸造方法铸造时间长、缺陷多，已无法满足产品质量的稳定要求。半固态铸造作为一种新型铸造工艺，已逐渐得到行业和企业认可。本文以流体 CAE 软件的数值模拟方法作为研究手段，对摩托车发动机外壳件进行半固态铸造成形过程的有限元模拟。通过流体软件 FLOW-3D 在液态和半固态情况下的模拟仿真，得到不同条件下的充型和浆料流动特点，获取合理的模拟凝固时间和保压时间。通过对比分析，得出相对优化的数值参数，以便对铸造企业进行相关的半固态铸造实验提供可参考的工艺参数设置。

本铸造分析对象为本田摩托车某型号发动机外壳件，其总体积约 290cm^3 ，外形尺寸 $215 \times 140 \times 190\text{mm}$ ，平均壁厚约为 3mm 。发动机壳属于高强度、高韧性且耐腐蚀的大型薄壁复杂零件，其力学性能指标为：铸件本体抗拉强度 $\geq 240\text{MPa}$ ，屈服强度 $\geq 145\text{MPa}$ ，伸长率 $< 6\%$ 。铝合金 AL357 材料的抗拉强度为 320MPa ，屈服强度为 170MPa ，伸长率为 3.5% ，

材料的密度为 2437kg/m^3 ，完全满足零件的力学性能要求，可作为零件的铸件材料。对铝合金材料进行铸造时，常采用传统的液态压铸法成型，本文通过模拟液态和半固态两种成型方式，采用数据对比法来评价各方案的优劣，对传统铸造工艺提出优化和改进的方案及措施。发动机外壳件模型、液态铸造方案和半固态铸造方案如图 1 ~ 3 所示。

通过应力应变云图可以看出，在动力系数为 1.3 时吊运，机座变形主要集中在四个吊耳周围。最大应力在吊耳内侧，为 16.713MPa ，该处应变也是最大值 0.031045 。此时机座强度设计能够满足使用要求，但应注意吊运中不宜速度过快，同时应尽量减小机座的摆动，以减小机座吊耳处过大变形，端盖安装面变形等问题。

四、结语

利用 ANSYS 仿真分析软件对电机定子结构进行模态

分析具有较好的精度，可以满足工程需要。电机定子固有频率为 1.11，明显小于机座 10 阶内模态固有频率，机座结构不会由于电机频率引起共振。机座静态下刚度较大，设计安全系数大。在吊装时，四个吊耳吊运应力虽然较大，但能满足设计要求，但在吊运时应控制吊运速度，减小机座摆动造成更大应力变形。

通过对机座有限元仿真分析，不仅可以为整机的振动特性提供理论依据，还能机座强度提供了设计支撑，为后期的机座优化设计提供了参考数据。IM