基于 HyperWorks 的某轨道交通空调风机总成分析研究

文 | 浙江盾安人工环境股份有限公司　张克鹏

针对某轨道交通空调风机总成，利用前处理软件 HyperMesh 对整个风机总成进行网格划分，之后利用 HyperWorks 仿真平台的有限元求解器 OptiStruct 对该风机总成进行分析。结果表明，在离心力和冲击载荷作用下，风机总成的各个部件都没有超过材料屈服强度，满足设计要求。

一、概述

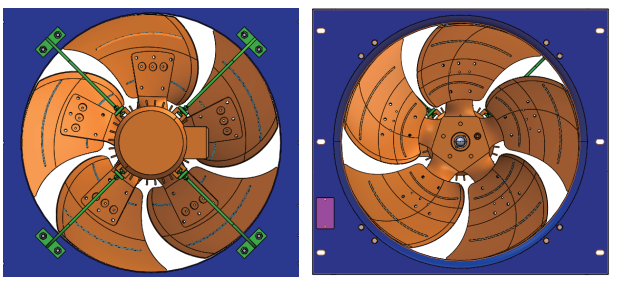
轨道交通是城市交通系统的主要组成部分，不但承载输送乘客职能，而且要在高低温环境下保证客舱内舒适性，空调系统需要发挥重大作用。地铁空调系统主要由空调机组、风道、送风格栅及控制装置等组成。其中空调机组不但要调节空气的温度和湿度，提供舒适环境，而且要保证高可靠性。而其中空调机组内风机的可靠性直接决定了整个空调机组的正常运行。因为在空调运行过程中，空调风机长期处于运行状态，加上其转速高，车辆运行过程中还有惯性加速度的冲击，因此在整个轨道交通空调系统中，属于易发生故障总成，因此有必要在设计时进行结构强度方面的分析研究和验证。

文中利用 HyperMesh 建立某轨道交通空调风机总成的有限元模型，利用 HyperWorks 仿真平台有限元求解器 OptiStruct 对风机总成在设计工况下进行强度分析，根据分析结果，判定设计方案的可靠性和合理性。

二、空调风机总成的有限元模型建立

1、三维模型建立

利用三维设计软件 SolidWorks 进行某轨道交通空调风机三维总成的几何实体建模，如图 1 所示。HyperMesh 可以提供各种主流三维模型的导入接口，由于是装配件总成，为了防止模型几何数据的丢失，模型按照国际标准化组织（ISO）所属技术委员会制订的国际统一 CAD 数据交换标准，导出为 STEP 格式。



（a）正视图　　（b）后视图

图 1 某轨道交通空调风机总成三维模型

投稿邮箱 cadcam@idnovo.com.cn IMCHINA@idnovo.com.cn

2、网格划分标准

在将 STEP 格式的三维 CAD 模型通过 HyperMesh 的 import 导入功能加载到软件界面之前，选择求解器模块为 OptiStruct，后面所有的操作都将以 HyperWorks 的 OptiStruct 求解器为模板。薄壁板件将采用壳单元划分，锻造和铸件一般采用体单元进行处理，为了更好地适应复杂几何，提高单元质量，面网格一般采用三角形和四边形混合方式，体网格采用六面体网格和金字塔网格 Pyramid5，螺栓连接采用 Rbe2+Beam 方式进行连接。根据模型尺寸及最小特征尺寸，单元尺寸总体定义为：平均尺寸 10mm，不容许单元尺寸低于 2mm 或高于 20mm，单元长宽比不得大于 5，单元质量控制标准如图 2 所示。对风机总成进行有限元网格划分，之后对网格质量进行检查，包括最大最小角、雅克比，网格叠加性，连续性等，并对不合格网格进行优化调整，最终该轨道交通空调风机总成的有限元模型共有节点数 72 567，单元数 55 171，有限元模型如图 3 所示，局部放大图如图 4 所示。

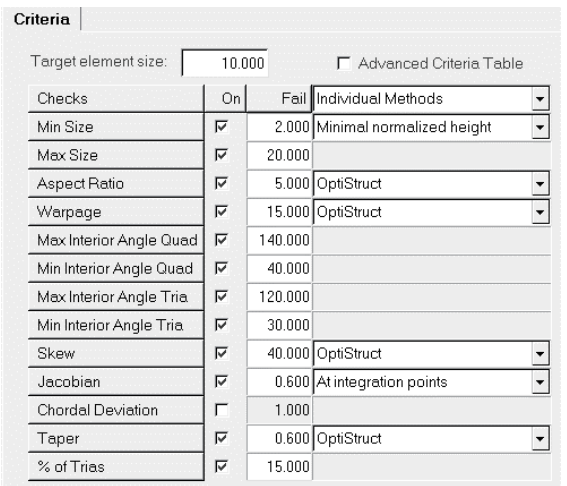


图 2 有限元单元质量标准

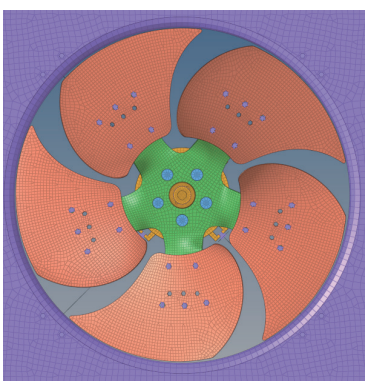


图 3 轨道交通风机部总成有限元模型

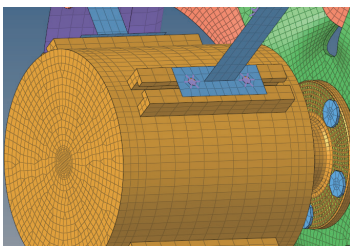


图 4 轨道交通风机总成局总成有限元模型有限元模型

3、属性设定

对风机总成模型进行网格划分后，建立单元属性，根据单元类型建立壳单元及体单元属性，壳单元需要定义其厚度，之后对其各个部件进行材料属性的建立和设置。HyperMesh 中有强大的材料属性卡片，可以建立各种线性、非线性、各向同性和各向异性等材料。风机总成各部件的材料均为 304 不锈钢，本文主要针对风机总成的强度计算，因此采用线性材料，计算中用到的材料属性如表 1 所示。

表 1 轨道交通风机总成材料属性

材料名称	杨氏模量	泊松比	密度	屈服强度	抗拉极限
304	210Gpa	0.30	7800kg/m³	205MPa	520MPa

4、约束及载荷

约束：叶轮与轮毂的螺栓连接之间定义接触以模拟实际情况，螺栓建立三维实体网格，其他部位螺栓连接采用 rigid+beam，叶轮与轮毂螺栓连接放大图如图 5 所示；风机总成框架安装孔进行固定约束，约束其安装孔的 6 个自由度，固定约束如图 6 所示。

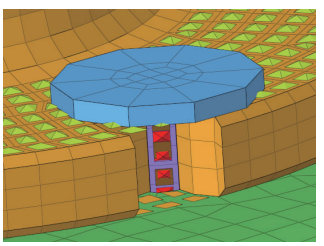


图 5 叶轮与轮毂螺栓连接及接触

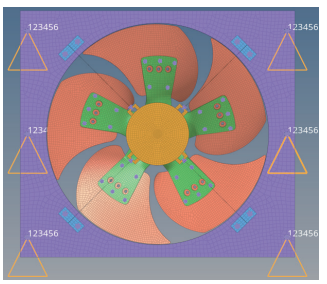


图 6 轨道交通风机总成有限元约束边界

工况载荷：工况为空调风机正常工作下的额定工况，风机转速为 25rps，会对叶轮和轮毂产生离心力，利用 RFORCE 卡片进行离心力加载；考虑到轨道交通行驶过程中的转弯及颠簸情况，转弯 + 颠簸冲击过程有加速度冲击，施加冲击加速度为 X_5g，Y_1g，Z_3g。

三、分析结果

本文利用 HyperWorks 仿真平台的 OptiStruct 求解器对该轨道交通空调风机总成进行求解。OptiStruct 是 Altair 公司一款功能非常强大的通用结构分析求解器。广泛应用于线性和非线性结构分析，适用于多个学科，包括静力学和动力学、振动、声学、疲劳和多物理场。同时 OptiStruct 与 HyperMesh 可以实现无缝衔接，载荷和约束设置完毕后，在 HyperMesh 中建立 Load Step 工况后，就可以提交计算。计算结果在后处理软件 HyperView 中进行查看。图 7~11 分别为风机总成静态强度应力云图及各个部件的应力云图。

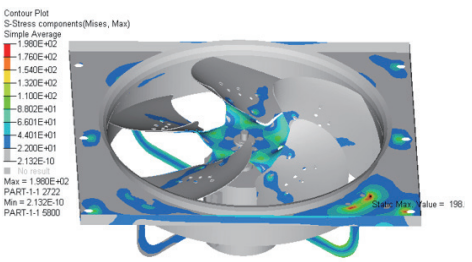


图 7 轨道交通空调风机总成应力云图（应力 /MPa）

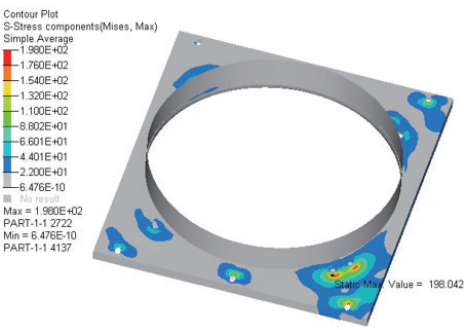


图 8 轨道交通空调风机框架应力云图 (应力 /MPa)

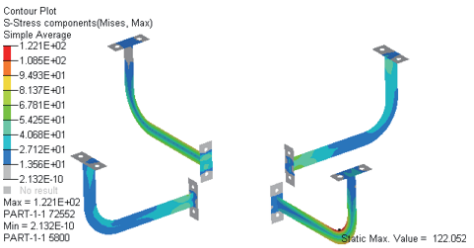


图 9 轨道交通空调风机电机支架应力云图 (应力 /MPa)

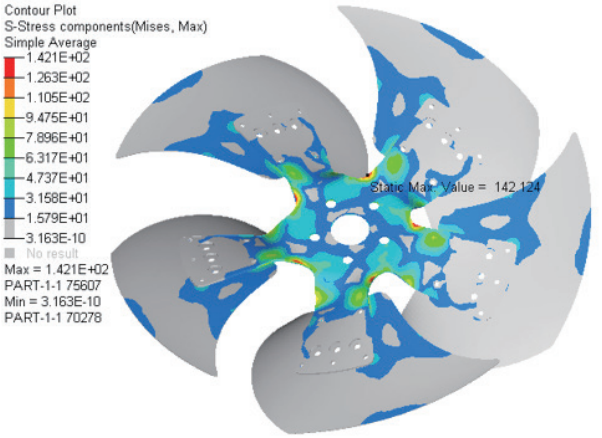


图 10 轨道交通空调风机叶轮应力云图（应力 /MPa）

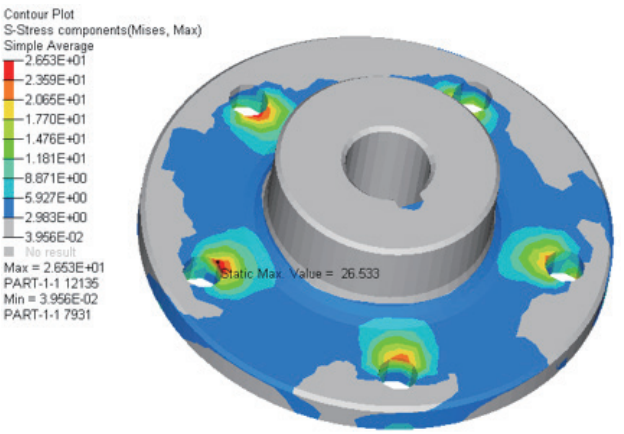


图 11 轨道交通空调风机轮毂应力云图（应力 /MPa）

从计算分析结果来看，轨道交通空调风机总成的最大应力为 198MPa，出现空调风机框架上，为框架与电机支架的螺栓连接处；电机支架的最大应力为 122.1MPa，出现在支架折弯处；风机叶轮的最大应力为 142.1MPa，出现在每个叶轮的根部；风机轮毂的最大应力为 26.53MPa，出现在轮毂与叶轮的螺栓连接处。所有部件的最大应力均为超过材料的屈服强度 205MPa，满足设计要求。

四、结语

本文以某轨道交通空调风机总成为研究对象，运用 SolidWorks 建立了几何模型，利用 HyperMesh 建立了有限元模型，考虑风机转动离心力和冲击加速度载荷，用 OptiStruct 求解器进行了静态结构强度分析。分析表明，各部件最大应力均未超过材料屈服强度。

投稿邮箱 cadcam@idnovo.com.cn IMCHINA@idnovo.com.cn