

铁路列车空调机壳体结构静强度有限元分析

王萌萌, 邢海军

(石家庄铁道大学 机械工程学院, 河北 石家庄 050043)

摘要:静强度分析是机械设计过程中的重要组成部分,而有限元法则是分析机械结构静强度的重要方法。简单介绍了有限元法的概念和基本思想、静强度分析方法,重点介绍了应用 ANSYS 软件的命令流方式对铝合金空调机壳体结构进行建模,分别在 6 种冲击载荷工况下对铝合金空调机壳体结构进行静强度分析,发现铝合金空调机壳体结构的薄弱位置。根据计算结果可知,铝合金空调机壳体结构在 6 种冲击载荷工况下的各个最大应力都在许用应力的范围内,满足静强度的设计要求。

关键词:静强度;有限元;ANSYS;铝合金空调机壳体结构

中图分类号:U269.32+3 **文献标志码:**A **文章编号:**2095-0373(2016)02-0088-05

0 引言

在机械结构设计过程中,静强度分析是必不可少的环节,传统的强度计算方法工作量大、效率低,基于有限元方法的静强度分析在逐步取代传统的计算方法^[1]。利用 ANSYS 软件对铁路列车的铝合金空调机壳体结构进行静强度分析,主要因为铁路列车空调机壳体不同于其他环境的空调机壳体,它需要在满足特殊环境的前提下,保证正常运行、较高的安全性和可靠性,所以在空调机壳体的设计阶段要进行严谨的强度分析,确保性能满足要求。通过对铝合金空调机壳体结构进行静强度分析,发现铝合金空调机壳体结构的薄弱位置,验证其是否满足静强度要求。通过计算结果的分析,对铝合金空调机壳体结构的安全性和可靠性进行评价,为接下来的实验研究提供理论上的依据,具有一定的参考价值。

1 有限元法

有限元方法是随着计算机的发展才产生和发展形成的一种求近似值的数值计算方法^[2]。随着科技的进步,有限元法也随之不断发展,现在有限元方法的应用范围包括固体力学、流体力学、热力学、电磁学等各个工程领域,因此在解决工程问题时,有限元方法也就成为一种不可或缺的计算方法。

有限元法的思想就是把所研究的物体离散成为由有限数量的单元组成的物体,这些有限数量的单元通过某种方式相互作用在一起,也就把工程问题中的连续域中的无限自由度问题转化成离散域中的有限自由度问题。以下 3 点介绍了有限元方法的基本思想^[3-4]:

(1)假设把一个连续的系统划分成为有限数量的小单元,各个单元之间在相应的节点处按照一定的方式连接,从而形成一个单元的集合体,用其来模拟实际的连续系统,而实际的外载荷可以通过在节点上施加边界条件的方式来替代^[5]。

(2)各个单元依据分块近似的有限元思想,遵循相关力学关系以及相应的函数关系,建立起所求未知量和节点之间的关系式。

(3)依据相关的条件,把连续系统中的全部单元特性关系综合起来,再施加边界条件,得到一组以节点变量,如温度、应力、位移等变量,为未知量的代数方程组,然后求解出有限数量的节点位置的未知

收稿日期:2015-03-29 责任编辑:刘宪福 DOI:10.13319/j.cnki.sjztdxxxbzrb.2016.02.17

作者简介:王萌萌(1988—),女,硕士研究生,研究方向为机械设计。E-mail:965343337@qq.com

王萌萌,邢海军.铁路列车空调机壳体结构静强度有限元分析[J].石家庄铁道大学学报:自然科学版,2016,29(2):88-92.

变量^[6]。

2 静强度分析

静强度分析是研究结构在常温条件下所能承受的载荷,通常包括校核结构的承载能力和抵抗变形能力是否满足强度设计的要求^[7-8],计算和分析结构在静载荷作用下的应力分布和变形情况,为接下来的动力学分析和其他方面的分析提供数据参考。

3 铝合金空调机壳体结构的静强度分析

3.1 铝合金空调机壳体材料介绍

铝合金空调机壳体薄板的基本材料是铝合金 5083(H111)。

冲击载荷许用强度^[9]:抗拉极限强度 $\sigma_b = 275 \text{ MPa}$;抗拉屈服强度 $\sigma_s = 165 \text{ MPa}$;抗剪屈服强度 $\tau_s = 145 \text{ MPa}$;泊松比为 0.33;密度为 $2\,700 \text{ kg/m}^3$ 。

3.2 建立铝合金空调机壳体结构的有限元模型

选用 Shell63 单元利用命令流的方式建立铝合金空调机壳体结构的有限元模型。如图 1 所示,每一种颜色表示一种厚度,1 号代表深红色,表示板厚是 1 mm;2 号代表蓝色,表示板厚是 2 mm;3 号代表蓝绿色,表示板厚是 3 mm;4 号代表红色,表示板厚是 5 mm;5 号代表黄色,表示板厚是 10 mm;6 号代表黄色,表示板厚是 1.5 mm。

3.3 添加集中质量

铝合金空调机壳体结构的各个空调组件设备在有限元时选用集中质量 MASS21 单元。添加集中质量时,首先在质量重心的位置建立节点,接下来定义质量单元,然后创建刚性区域,最后把集中质量和所安装的板材刚性的连接起来。图 2 展示了在球坐标系下的铝合金空调机壳体有限元模型,在进行有限元分析和后处理时都会用到此模型,坐标 x 方向代表箱体的移动方向,坐标 y 方向代表水平方向,坐标 z 方向代表垂直方向。

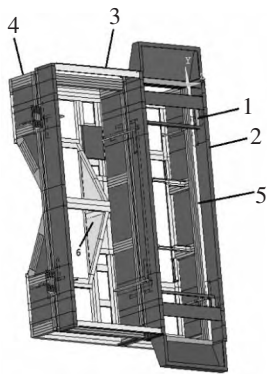
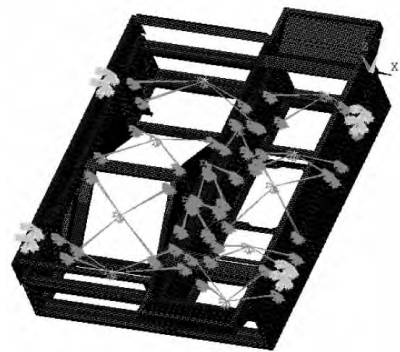


图 1 铝合金空调机壳体结构模型



2 铝合金空调机壳体的有限元模型

3.4 施加荷载

在对铝合金空调机壳体结构进行相应的静强度分析时,首先根据石家庄国祥运输设备有限公司提供的具体标准 071-SSR-02-DE-0001;HVAC 系统设计部分对壳体结构施加载荷,冲击载荷以加速度的形式施加在铝合金空调机壳体结构的有限元模型上。铝合金空调机壳体通过 8 个 M10 螺栓连接在车体上,每个螺栓处以 4 个节点模拟,将 4 个节点的 6 个自由度全部约束。惯性力的方向和冲击载荷加速度的方向相反^[10],冲击载荷的加速度方向见表 1,共 6 种载荷工况。其中 x 方向为箱体的移动方向, y 方向为水平方向, z 方向为垂直方向。

表 1 静强度冲击载荷工况^[10] $g=9.81\text{ m/s}^2$

载荷工况	载荷方向		
	x	y	z
1	$5g$	0	$1g$
2	$-5g$	0	$1g$
3	0	$-2g$	$1g$
4	0	$2g$	$1g$
5	0	0	$3g$
6	0	0	$-1g$

3.5 铝合金空调机壳体结构的静强度分析

对铝合金空调机壳体结构进行冲击载荷静强度分析时,采用 Principal stress 应力云图,主应力值选取每个单元几何中心顶面与底面两值中的绝对值最大的值。

在冲击载荷工况 1 下的最大主应力位置见图 3 所示,最大主应力值是 205 MPa。比较第一主应力和第三主应力的大小,选取其中的较大值作为最大主应力值,以下 5 种工况均如此。在冲击载荷工况 2 下,主应力云图与冲击载荷工况 1 相同。

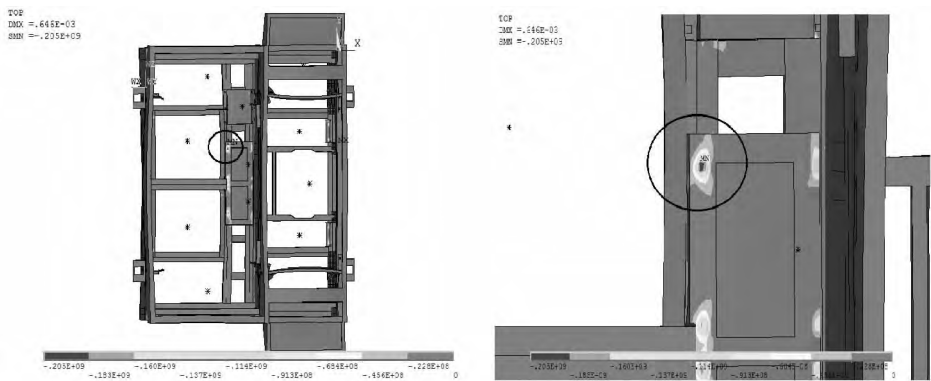


图 3 铝合金空调机壳体冲击工况 1 的主应力云图

在冲击载荷工况 3 下的最大主应力位置见图 4 所示,最大主应力值是 77.4 MPa。在冲击载荷工况 4 下,主应力云图与冲击载荷工况 3 相同。

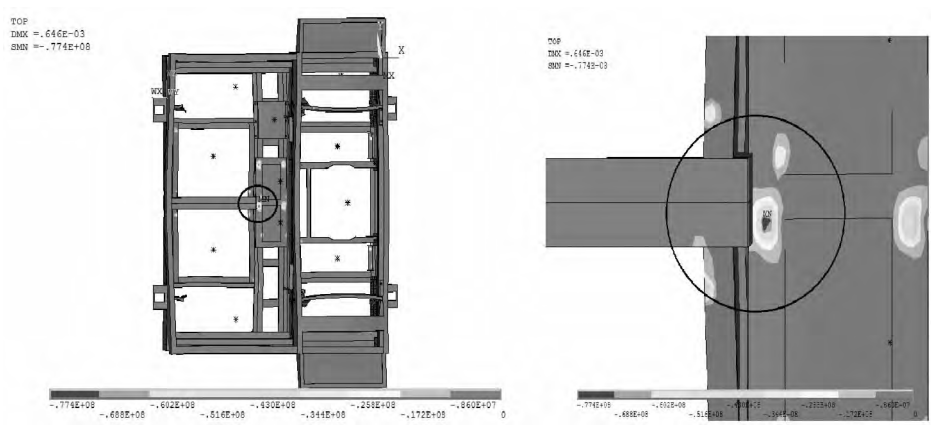


图 4 铝合金空调机壳体冲击工况 3 的主应力云图

在冲击载荷工况 5 下的最大主应力位置见图 5 所示,最大主应力值是 167 MPa。

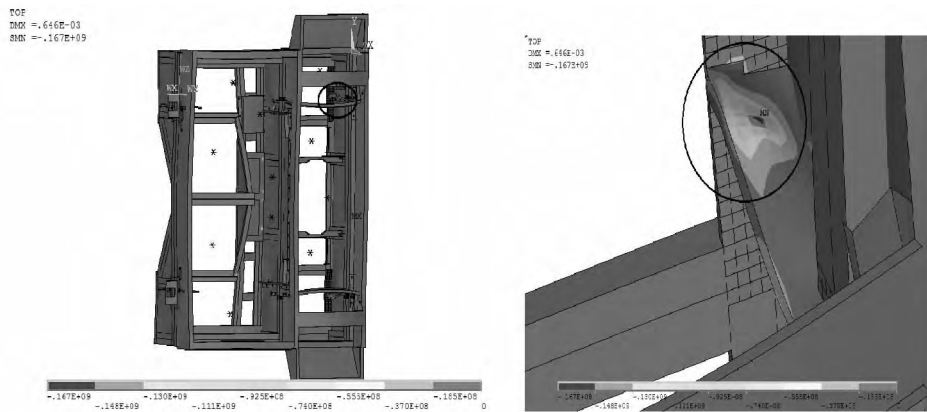


图 5 铝合金空调机壳体冲击工况 5 的主应力云图

在冲击载荷工况 6 下的最大主应力位置见图 6 所示,最大主应力值是 55.5 MPa。

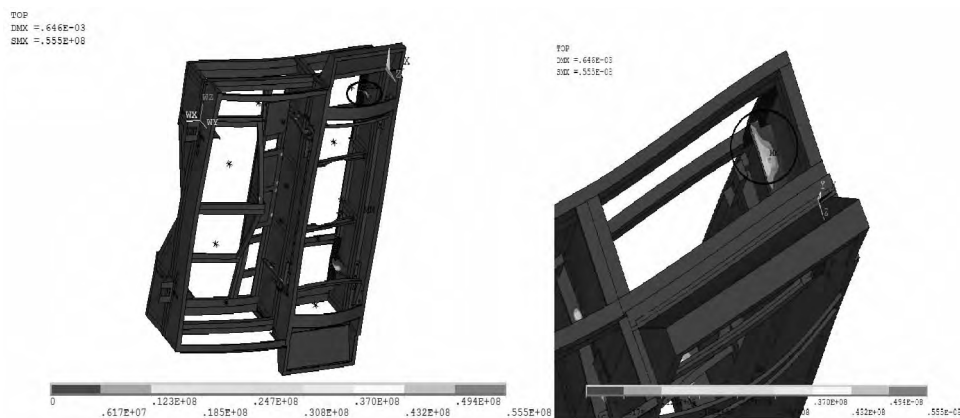


图 6 铝合金空调机壳体冲击工况 6 的主应力云图

3.6 冲击载荷工况总结和结果分析

冲击载荷 6 种工况下的强度校核见表 2 所示,薄板的抗拉极限强度是 275 MPa。

表 2 冲击载荷 6 种工况下薄板的强度校核总结

工况	计算结果/MPa	板的抗拉极限强度/MPa	安全系数
1	205	275	1.35
2	205	275	1.35
3	77.4	275	3.56
4	77.4	275	3.56
5	167	275	1.65
6	55.5	275	4.97
6	17.4	150	8.62

安全系数计算公式: $n_b = \sigma_b / \sigma$, 其中, n_b 为安全系数; σ_b 为抗拉极限强度; σ 为计算结果。

根据计算结果可知,铝合金空调机壳体结构在 6 种冲击载荷工况下的各个最大应力都在许用应力的范围内,满足静强度的设计要求。

4 结论

按照国外相关规范的设计要求对铝合金空调机壳体的有限元模型施加了 6 种惯性冲击载荷,从各冲击载荷工况下的应力云图中可找出最大应力位置,即薄弱位置。结果表明,6 种冲击载荷工况下结构均满足静强度设计要求,保证了铝合金空调机壳体结构的安全性。

参 考 文 献

- [1]李宏伟,成小创. 内啮合齿轮泵齿轮轴强度分析[J]. 机床与液压,2009,37(10):96-98.
- [2]张洪信. 有限元基础理论与 ANSYS 应用[M]. 北京:机械工业出版社,2006.
- [3]DESAL CS,FABERL J. Introduction to the finite element method[M]. New York:McGraw-Hill Science/Engineering/Math,1972:23-38.
- [4]李人宪. 有限元法基础[M]. 北京:国防工业出版社,2006.
- [5]邵明磊. 水电站厂坝间长度受限的垫层管特性研究[D]. 西安:西安理工大学水利水电学院,2011.
- [6]陈兴华. 直流蒸汽发生器建模与控制方法研究[D]. 哈尔滨:哈尔滨工程大学核科学与技术学院,2009.
- [7]王梦瞧. 地铁出入口活动雨棚载荷分析及计算方法研究[D]. 武汉:武汉理工大学机电工程学院,2012.
- [8]张潇华. 大客车三自由度综合试验台的设计与研究[D]. 西安:长安大学汽车学院,2009.
- [9]The Aluminum Association, Inc. Aluminum design manual[M]. Third Edition. Washington: The Aluminum Association, Inc. ,2005.
- [10]Shijiazhuang King Transportation Equipment Co. , Ltd. 071-SSR-02-DE-0001 Specific Supplier Requirements HVAC System Design Section[S]. Shijiazhuang: Shijiazhuang King Transportation Equipment Co. , Ltd. ,2013 .

Static Strength Finite Element Analysis of Train Air-conditioner Housing Structure

Wang Mengmeng, Xing Haijun

(School of Mechanical Engineering, Shijiazhuang Tiedao University, Shijiazhuang 050043, China)

Abstract: Static strength analysis is an important part in the mechanical design process, and finite element method is an important method for static strength analysis of mechanical structures. The concept of finite element method, the basic idea of finite element method and static strength analysis are introduced. Command stream is used to build the FEA model of aluminum alloy air-conditioner housing structure. Six impact loads of the FEA model are analyzed in static strength analysis to find the weak positions of the aluminum alloy air-conditioner housing structure. The calculation results meet the requirements in six impact loads of the FEA model.

Key words: static strength; finite element; ANSYS; aluminum alloy air-conditioner housing structure