

# 考虑材料温度效应汽车排气歧管静力分析

## Static Analysis of the Exhaust Manifold Considering the Material Temperature Effect

周新 代智军 刘海波 徐东辉

(天纳克汽车工业有限公司上海研发中心)

**摘要：**Hypermesh 与 Optistruct 求解器具有很强的分网与求解功能，其能提供快速准确的网格划分与工程计算。本文以剪支板为基础，分析比较了某汽车用排气歧管模型处于室温与高温状态下的变形与力学性能。分析结果表明：由于金属材料力学性能随温度的变化，歧管结构表现出了不同的变形与力学特性，在进行歧管以及类似金属高温结构设计时需要考虑其温度分布，在对高温结构计算结果评判时需要考虑材料的温度效应。

**关键词：**歧管 高温 温度效应

**Abstract:** In this paper, Hypermesh and Optistruct were employed to analyze the deformation and mechanical features of an exhaust manifold under both conditions of room temperature and high temperature, change of materials' mechanical characteristics as temperature was considered when doing the analysis. By comparison, it is concluded that the influence of temperature on mechanical properties of manifold should be taken onto account when we design exhaust manifolds and such similar high temperature structures, materials' temperature effect also should be considered when evaluating the results.

**Keywords:** Manifold, high temperature, temperature effect

### 1 引言

对于金属材料而言，其力学性能通常都是随温度而变化的。一般而言，金属材料的弹性模量、屈服强度等均随温度的升高而降低。在汽车排气管的设计中，通常包含两部分：热端与冷端。热端由于靠近发动机，其温度高达 850° C 左右，而冷端通常只有 300° C-400° C 左右，支架温度则更低。对于排气系统如此高的热端温度以及各部分温度的差异，如果仍然按照统一的常温来设计计算，其结果必定与实际情况差异较大。

本论文基于 Hypermesh 软件以及 Optistruct 求解器进行了汽车排气歧管考虑材料温度

效应的计算分析 ,分析结果与分析方法可以对研究金属高温结构如何考虑材料以及结构本身温度差异对变形与力学特性的影响提供参考与指导。

## 2 有限元分析

### 2.1 实例模型

如图 1 所示为一块剪支板模型，该模型尺寸如图所示：长宽各为 140mm，60mm，厚度为 1.5mm，材料为 SS409。经 Hypermesh 分网格分得节点数为 32，单元数为 21，单元类型为 CQUAD4。该剪支板左端固定，右端承受 40N 载荷。

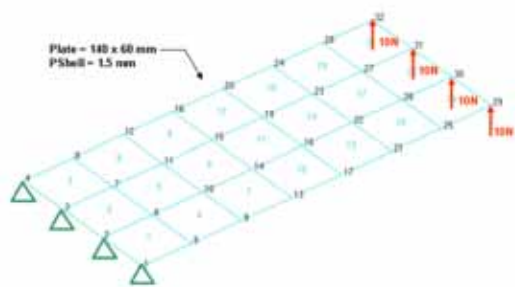


图 1 剪支板模型

为了考察材料温度对结构性能的影响，本实例分析了剪支板处于室温与高温 700° C 时的应力与变形状况。

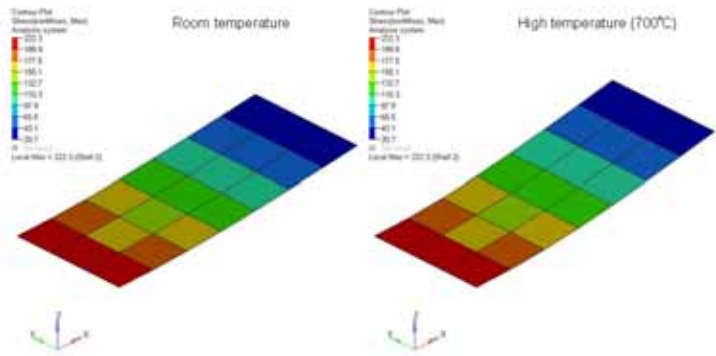


图 2 剪支板室温与高温下应力云图

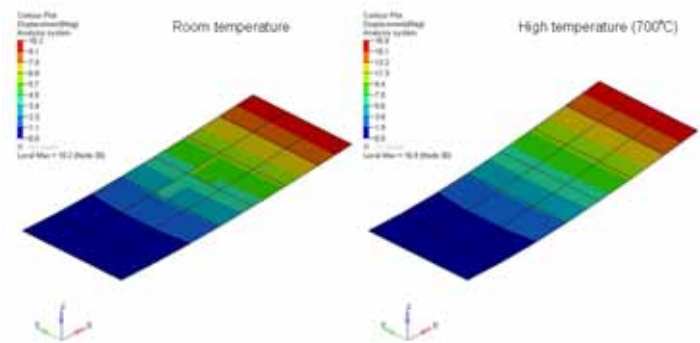


图 3 剪支板室温与高温下变形图

由图 2，图 3 可以看出，在剪支板承受 40N 载荷力作用下，处于室温板与高温状态板

的应力数值相当，均为 222.3MPa；但是剪支板的最大变形却相差较大，室温状态下，剪支板最大变形为 10.2mm，高温 700° C 状态下，剪支板的最大变形为 16.9mm。经查 SS409 材料特性，室温状态下其屈服应力为 245MPa，700° C 下 SS409 屈服应力仅为 38Mpa。固本实例剪支板在高温 700° C 静力作用下，已经屈服。该实例的分析说明，处于室温与高温状态的力学结构，其力学性能差异较大。

### 2.2 歧管有限元模型

对于汽车排气管歧管而言，由于其离发动机较近，通常歧管温度比较高，可达850° C 左右。如图4为某型号汽车排气歧管三维有限元模型：该有限元模型共有节点116990个，单元118302个。其中对于管壁结构用壳单元进行模拟，法兰与支架用实体单元进行模拟。材料为不锈钢，弹性模量为210GPa，泊松比为0.28，密度为7800Kg/m3。

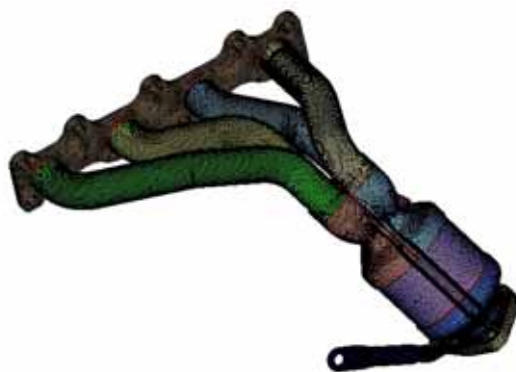


图 4 歧管有限元模型

### 2.3 歧管温度场分布与载荷边界

根据以往的实测数据以及工程经验，由 Hypermesh 软件中 TEMPD 卡，建立歧管各部件局部温度场分布，如图 5 为 FEA 中温度场分布：

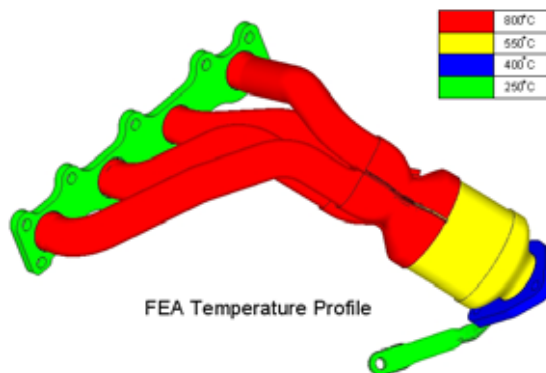


图 5 FEA 温度场分布

本计算中，为了模拟发动机启动/刹车时的工作状态，施加的载荷为沿发动机曲轴方向 100NM 的力矩。由于催化转化器后面连着挠性节，其刚度相对于排气管部件来说较低，故模拟分析中，约束固定了法兰支架，而法兰端则处于自由状态。

## 2.4 歧管静力分析

如图 6、图 7 为歧管处于室温与高温下在 100NM 曲轴方向力矩作用的变形与应力云图：

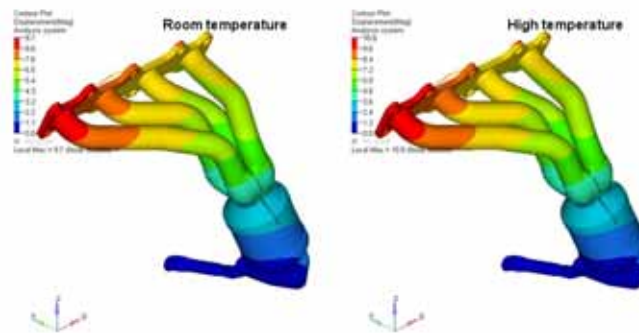


图 6 歧管室温与高温下变形图

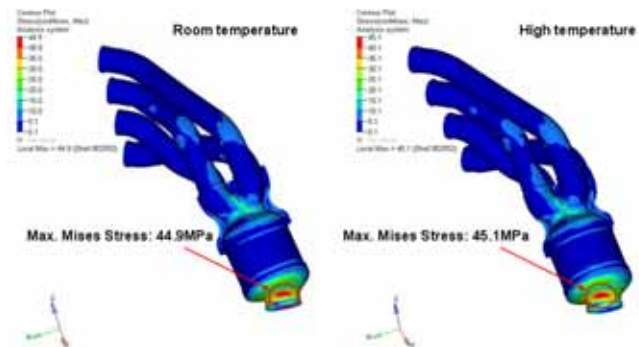


图 7 歧管室温与高温下应力云图

由图 6，图 7 可以看出，在 100NM 力矩作用下，歧管在室温与高温状态下最大变形分别为 9.7mm，10.8mm，歧管管壁结构最大应力分别为 44.9MPa 与 45.1MPa，最大位置处于催化转化器端锥部分。尽管本歧管室温与高温状态下变形与应力状态差不多，但由于材料的应力应变状态、弹性模量、屈服强度等力学性能在不同温度下差异很大，所以对本分析结果的评判需考虑材料的温度效应。

## 3 结论

本文研究了某汽车排气歧管处于室温与高温状态下的力学性能。分析结果表明：由于金属材料力学性能随温度的差异，歧管结构表现出了不同的变形与力学特性，同时也说明在进行汽车排气系统以及类似温度较高的结构设计时，需要考虑温度特性对材料的力学性能的影响。

## 4 参考文献

[1] Altair Engineering, “OptiStruct Manual”.

[2]于开平 周传月 谭惠丰等编著 HyperMesh 从入门到精通 科学出版社 2005.5