

扬声器功率实验中温升仿真研究

任悦¹, 甘逸峰²

1. 扬声器研发部, 哈曼汽车电子有限公司, 苏州, 江苏, 中国
2. 扬声器研发部, 哈曼汽车电子有限公司, 苏州, 江苏, 中国

简介: 扬声器在工作时, 各部件会产生不同程度的温度升高。如果散热不良、使得温度过高, 可能导致音圈散圈、磁路脱胶、退磁、零部件损坏等一系列问题, 声学性能损失和可靠性降低。通过建模仿真, 可以得到功率实验时扬声器音圈、磁路和盆架的温度分布和温升曲线, 用于指导扬声器散热设计和功率实验中的风险评估。

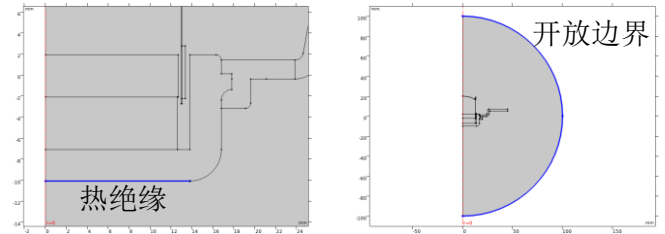


图 3. 热绝缘和边界设置

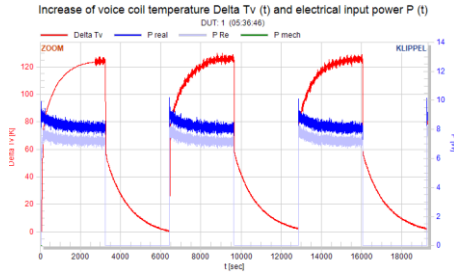


图 1. Klippel 实测音圈温升曲线

计算方法: 该模型求解的是扬声器零部件之间的热传导, 以及空气的对流散热问题。此模型需要“CFD 模块”、“传热模块”和 COMSOL Multiphysics®。

$$\rho \frac{\partial \mathbf{u}}{\partial t} - \rho(\mathbf{u} \cdot \nabla) \mathbf{u} = \nabla \cdot [-\rho \mathbf{I} + \mathbf{K}] + \mathbf{F}$$

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \nabla \cdot (\rho \mathbf{u}) = 0$$

$$\rho C_p \frac{\partial T}{\partial t} + \rho C_p \mathbf{u} \cdot \nabla T + \nabla \cdot \mathbf{q} = 0$$

$$\mathbf{q} = -k \nabla T$$

其中: \mathbf{u} : 气流速度
 ρ : 密度
 \mathbf{F} : 体积力
 C_p : 比热容
 T : 温度
 \mathbf{q} : 热通量

为了提高运算效率, 选用二维轴对称模型, 并将远离音圈部分的结构做了简化。

音圈设置为热源, 空气球边缘设置为开放边界。磁路底部设置为热绝缘。根据实际情况可以给振动系统施加振幅, 用以模拟强迫对流。

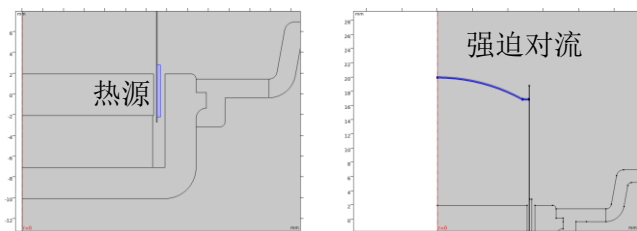


图 2. 热载荷和对流散热设置

结果: 在给定条件下 (详见表 1.), 模型计算扬声器工作 1800s 后的音圈温度为 158 °C, 磁路温度为 83 °C。同时使用 Klippel PWT 功率测试模块对实际扬声器加载 11W 输入功率进行测试, 测得的音圈温度为 153 °C, 使用热电偶测得磁路温度为 80 °C。当选用不同材料、是否考虑自然对流和强迫对流, 对结果影响非常大。本仿真结果是基于铁盆架、铜包铝线、塑料骨架的仿真结果, 材料设置与实际扬声器一致。

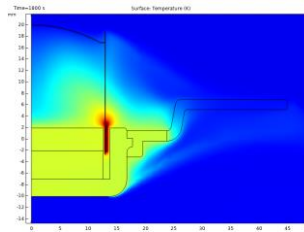


图 4. 1800s 扬声器温度分布

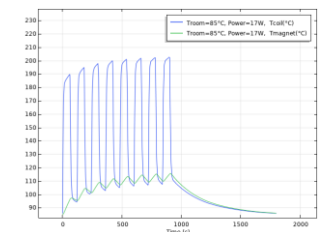


图 4. 音圈与磁路的温升曲线

变量	数值	单位
环境温度	20	°C
输入功率	11	W
音圈阻抗	6	Ω
温升系数	0.004	K ⁻¹

表 1. 参数设置

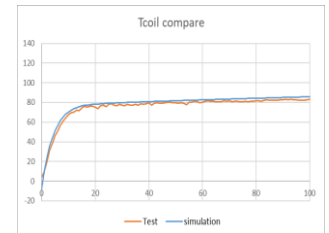


图 5. 音圈温度的仿真与实测对比

结论: 经过仿真和实际测试的对比验证, 该模型得到的结果与实测结果吻合较好。这对于评估扬声器材料耐温能力和功率实验风险有很好的指导意义。

参考文献:

1. 鄂宁, 扬声器的热效应与功率压缩, 电声技术, 2005-07, 19页 (2005)
2. 曹水轩, 扬声器及其系统, 南京: 南京大学出版社 (2011.111-126)
3. Wolfgang Klippel, Nonlinear Modeling of the Heat Transfer in Loudspeakers. J. Audio Eng. Soc., 2004, 52(1/2):3-25