

# 坐垫舒适性分析

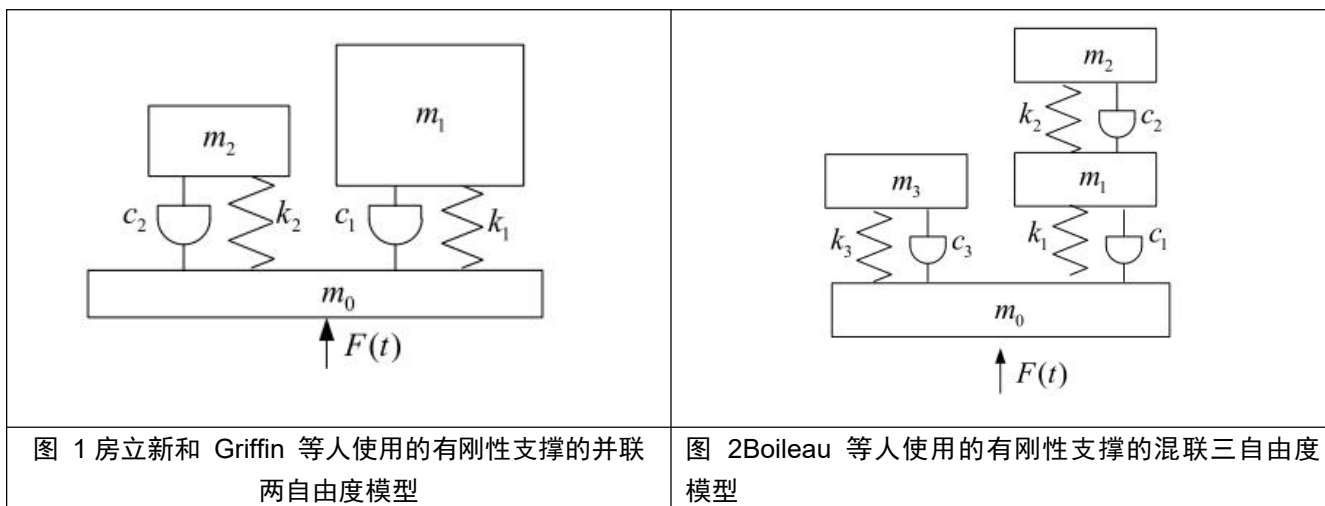
目前汽车座椅坐垫材料为全深度聚氨脂发泡，它在座椅的舒适性方面具有重要的功能。对座椅驾驶舒适性的评价可分为主观评价和客观评价。主观评价主要是指受试者对身体各部分如腿部、臀部、腰部、背部、肩部等部位整体舒适感受打分评价。主管评价开展简单易行，但评价结果与受试者影响较大，他受打分偏好和个人习惯的影响较大。客观评价是定量化分析，坐垫对人体某些特性的影响大小，常见的方法有振动加速度、体压分布测量、生物肌电力、坐姿变化等。

座椅舒适性是人与座椅、环境之间相互作用，产生的一种主观感知，受振动输入、姿势、驾驶时长、环境温度和湿度等影响。根据运行环境的不同，可分为静态舒适性和动态舒适性。静态舒适性是指车辆静止时或迷你乘坐环境下，座椅乘坐舒适性，动态舒适性是指在外界振动输入的情况下，座椅抑制振动的舒适性。座椅振动激励较小时，座椅舒适性主要有静态舒适性主导，随着振动激励幅度的增大，座椅受动态舒适性影响较大。静态舒适性能够在很大程度上反映动态舒适性。静态舒适性评价主要分为主观方法和客观方法。主观方法主要是引入心理物理学的知识进行主观感知评价，包括 Borg's CR-10 量表、类别划分量表、李克特量表等。主观评价方法存在主观偏差，且耗时较长，工程中需要准确的客观测量方法。体压分布能够较全面的反映人体与座椅接触面的信息，可用于衡量座椅静态舒适性的指标。体压分布测量中接触面积、平均压力和峰值压力与人舒适性感受关系较密切。动态舒适性主要包括振动加速度、传递函数、SEAT 因子等方式。

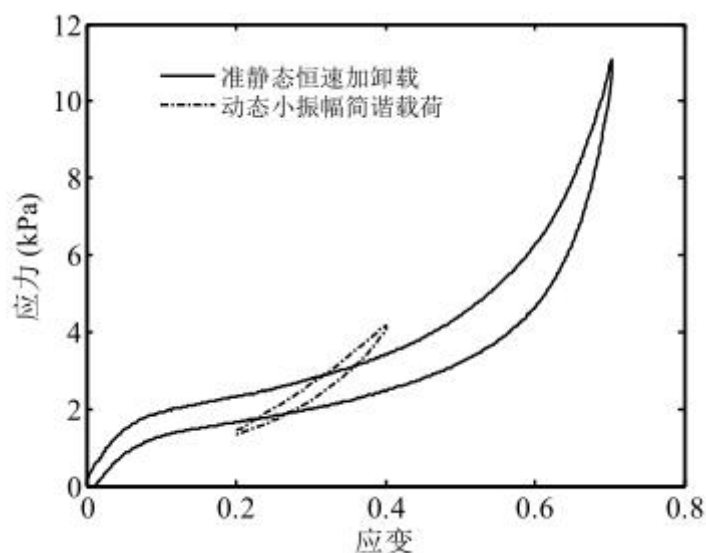
汽车座椅的填充物采用开孔聚氨酯泡沫，可通过控制其发泡过程获得期望的泡沫性能，提高座椅乘坐舒适性。控制发泡的过程，实际上是改变泡沫的物理特性，比如硬度、密度、厚度等。增加坐垫的厚度可以提高静态舒适性，但当厚度增加到一定程度后，便不能继续提高乘坐舒适性。实际上，随着泡沫厚度的增加，坐垫的刚度和阻尼减小。硬度是影响乘坐舒适性的另一因素，随着硬度的降低，坐垫的舒适性提高，但也并非硬度越小越舒适。密度的变化对受试者乘坐舒适性并未产生明显的影响。对于体压分布测量来说，随着坐垫硬度的增加，平均压力和峰值压力组件增加，而接触面积减小；随着厚度的增加，平均压力和峰值压力逐渐降低，而接触面积逐渐增加，但当厚度到达一定值时，压力分布指标变化将处于平缓。针对动态振动试验来说，随着坐垫厚度的增加，传递率峰值增大，传递率峰值频率逐渐减小；硬度对传递特性的影响表现不一，与厚度有一定耦合联系，当坐垫较薄时，硬度的变化对传递率的影响不明显，当厚度超过一定值时，随着硬度的增加，传递率峰值减小，而对应峰值频率增大。泡沫动态特性具有非线性特点，随厚度增加发生软化的非线性现象。振动激励幅值增大，传递到受试者的振动能量增大，受试者的不适感增加。随着振动激励幅值增大，传递率峰值降低，而对应的幅值频率减小，大激励幅值增强泡沫的非线性。汽车舒适性基本要求：

1. 座椅外形美观，符合人体生理轮廓，即可使用不同身材的驾乘人员
2. 可有效地将驾乘人员的生理疲劳程度限制在较小的程度范围内
3. 座椅材料的透气性好、热舒适性好、透湿性好。

坐姿人体垂向振动生物力学模型是代替真人进行坐姿垂向振动测试的重要模型，主要有二自由度模型和三自由度模型。当模型自由度数目大于 3 时，增加模型自由度数目对坐姿人体垂向振动响应的预测精度的提升便不明显，其价值更在于描述人体各部分躯段和器官的垂向振动响应。常用的坐姿人体垂向振动模型如图 1 并联二自由度模型和图 2 三自由度模型。



坐垫层作为座椅上的主要吸能元件，对乘员提供最直接的支撑和约束，其力学特性对座椅的静态和动态舒适性都有很大影响。建立合理的泡沫塑料本构关系是准确预测座椅隔振特性、理解座椅-人体相互作用的基础性工作。坐垫的振动传递特性与坐垫所使用材料的动力学性能有关。分数阶微分可以较少的参数准确描述聚氨酯泡沫材料的动态压缩力特性。



针对聚氨酯泡沫材料的压缩载荷下的非线性力学行为，学者提出许多本构模型来描述其应力应变关系，大致可分为两类：其一分析型本构模型，其二唯象型本构模型。分析性本构模型是通过描述聚氨酯泡沫材料微观孔壁机构的力学行为表达宏观的应力应变关系。优势在于描述材料的非线性弹性力学行为，但不能较好的再现材料的应力应变迟滞关系，且这类模型参数获取方式较复杂，不适合工程应用。唯象型本构关系是基于对材料的宏观力学特性实验数据额的总结和归纳得出的，这类模型既能很好的表达材料的非线性弹性力学行为，也能很好的在线材料的粘弹性力学行为即应力应变迟滞关系。

乘员-坐垫接触面积的压力分布是影响座椅静态乘坐舒适性的关键因素之一。乘员-坐垫基础面积分布的计算方法目前有两类，其一、以某种本构关系的离散元件来描述乘员与坐垫之间的相互作用，其二、建立坐垫和乘员的有限元模型。坐垫离散方法将坐垫离散为多个弹性柱体单元，柱体单元承受轴向载荷，但不产生横向变形。