基于舒适性材料优化的汽车座椅乘坐舒适性研究

丘伟栋 陶军 李东强

（广州汽车集团股份有限公司，广州 511434）

摘要：为解决汽车座垫柔软舒适与稳定支撑、静态舒适性与动态舒适性难以平衡的问题，基于座椅舒适性相关构成材料开展优化设计，形成新型汽车座垫方案。采用客观试验测试与主观评分相结合的方法，对座垫开展静态与动态乘坐舒适性综合评价。结果表明，优化方案为乘员提供了更宽阔、更柔和的臀部、侧翼与大腿支撑，压力分布形态更符合人体坐姿下的承压生理特征。在主观评价中，其各指标得分均高于常规方案，其中触底感、垂直振动吸收两项指标分别从6分、7分提升至7.25分、8分，改善效果显著。优化方案可兼顾柔软乘坐感受与稳定支撑性能，实现静态与动态舒适性的协同提升。

关键词：汽车座椅舒适性 舒适性材料 舒适性评价

中图分类号：U463.8 **文献标志码：**B **DOI:** 10.19710/J.cnki.1003-8817.20250354

Research on Seating Comfort of Automobile Seat Based on Comfort Material Optimization

Qiu Weidong, Tao Jun, Li Dongqiang

(Guangzhou Automobile Group Co., Ltd., Guangzhou 511434)

Abstract: The new automotive seat cushion is designed based on the optimization definition of seating comfort composition materials, to solve the challenge effectively of the balancing soft comfort and stable support, as well as the static comfort and dynamic comfort. A comprehensive evaluation of the seat cushion's static and dynamic seating comfort is carried out by means of a combination of objective testing and subjective ratings. The results indicates that the optimized design offers a wider and more soft support for the hips, flanks, and thighs accompanied by a pressure distribution aligning with the physiological characteristics of seated posture. In subjective evaluation, ,all scores of optimized design are higher compared to the conventional design, Among them, the indicators of bottoming sensation and vertical vibration absorption increased from 6 and 7 points to 7.25 and 8 points, respectively, demonstrating significant improvement. The optimized design could balance soft comfort experience and stable support performance, achieving a synergistic improvement in both static and dynamic comfort. This design approach provides a reference for the optimization design and evaluation on seating comfort of automobile seats.

Key words: Seating comfort of automobile seat, Comfort materials, Comfort evaluation

1 前言

汽车座椅可满足乘员乘坐承载需求与驾乘安全防护要求，直接决定了乘员的乘坐体验与驾乘舒适度[1]。随着国内汽车消费市场的持续升级与用户驾乘体验需求的不断提升，座椅舒适性已成为衡量整车品质的核心性能属性之一，与用户满意度、产品口碑及质量抱怨率直接相关，是整车开发过程中需重点管控的关键性能指标[2]。

汽车座椅、座垫与靠背主要由骨架、聚氨酯发泡、软海绵及面套构成。座椅舒适性受多因素影响，其中与人体直接接触的面料、软海绵与发泡层

作者简介：丘伟栋（1983—），男，工程师，学士学位，研究方向为汽车座椅系统设计与性能评价。

参考文献引用格式：

丘伟栋，陶军，李东强．基于舒适性材料优化的汽车座椅乘坐舒适性研究[J]．汽车工艺与材料，2026(8)：65-72.

QIU W D, TAO J, LI D Q. Research on Seating Comfort of Automobile Seat Based on Comfort Material Optimization[J]. Automobile Technology & Material, 2026(8): 65-72.

是乘员舒适性感知的核心载体。研究表明，优化上述材料的性能与匹配工艺，可显著改善座椅乘坐舒适性[3-4]。但柔软材料易降低支撑稳定性，且座椅静、动态工况下的舒适性需求难以兼顾，是行业开发的共性痛点。

本研究基于某车型后排座椅骨架平台，通过优化匹配座垫的超细纤维合成革面料、慢回弹聚氨酯软海绵与发泡层，设计新型舒适性座垫；采用客观试验与主观评价结合的方法，对比新方案与常规方案的静、动态舒适性，验证优化效果。

2 座椅舒适性材料构成

2.1 超纤革面料

座椅面料是乘员乘坐时与人体直接接触的表层材料，其表面特性直接决定乘坐触感、视觉质感与耐久性，是影响座椅舒适性感知的核心表层要素。当前，汽车座椅常用面套材料主要包括天然真皮、聚氯乙烯（Polyvinyl Chloride，PVC）人造革、聚氨酯（Polyurethane，PU）合成革、仿麂皮面料及纺织织物，其中，皮革类面料因质感优异、易清洁等特点，在乘用车型中应用最为广泛。

超细纤维合成革（Microfiber Synthetic Leather，MSL）（简称超纤革）是近年快速发展的高端合成皮革材料，其以三维网络结构的超细纤维无纺布为支撑基底，通过聚氨酯树脂浸渍含浸与成膜工艺复合成型，具备与天然皮革高度相似的微观三维纤维结构。超纤革不仅在外观纹理、触摸手感、弯折质感等感官特性上可与天然皮革相媲美，同时具备制造成本更低、耐候耐久性更强、生产过程环境友好性更优的综合优势，是当前汽车座椅领域替代天然真皮面料的主流理想材料[5-6]。仟革与天然皮革性能对比如表1所示。

2.2 慢回弹软海绵

软海绵层是座椅面套与发泡层之间的缓冲过渡层，是座椅舒适性构成的重要功能层，直接决定座椅初始乘坐的柔软触感与身体贴合包裹性，对静态乘坐的第一感受影响显著。针对座椅不同功能区域的软海绵厚度，需根据标准坐姿下乘员与座椅表面的接触压力分布规律进行差异化设计，通过分区厚度匹配实现柔软触感与支撑性能的平衡，获得更优的综合舒适性体验。座椅软海绵的功能分区及厚度推荐值可参照图1与表2进行定义。

表1 超纤革与天然皮革性能对比

性能指标	天然皮革	超纤革
密度/g·cm^{-3}	0.6	≤0.5
力学性能	良	优
透气性	优	优
吸湿性	优	优
耐老化性	良	优
耐磨性	良	优
耐碱性	差	优
耐霉菌性	差	优
成本	高	低

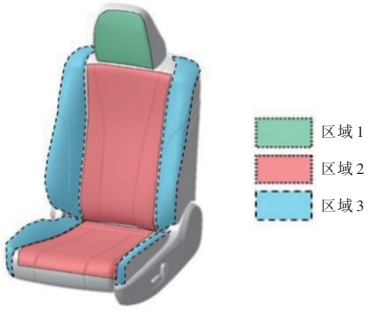


图1 座椅软海绵分区

表2 舒适性软海绵厚度定义 mm

功能区域	区域1	区域2	区域3
厚度	≥10	≥10	≥5

区域1为头枕前部，与乘员头部接触；区域2为座垫、靠背区域，为乘员主乘坐区域；区域3为座垫、靠背侧翼内侧区域，与乘员接触。

从舒适性提升角度出发，理想的座椅软海绵应具备随乘员体型、体重自适应形变的能力，通过贴合人体曲面有效分散尾椎与坐骨结节处的局部集中压力。慢回弹聚氨酯软质海绵（Slow-Rebound Polyurethane Flexible Foam，SRPUF）（简称慢回弹软海绵）是经特殊配方与发泡工艺制备的黏弹性泡沫材料，在常规使用温度区间内均可保持稳定的柔软质感，经过特殊工艺处理后在低温环境下也能保持柔软质感，其独特的慢回弹黏弹性力学特性能很好地满足座椅软海绵的性能需求，可随人体轮廓缓慢形变并均匀传递压力，实现对

不同体型乘员的自适应贴合支撑,有效降低局部峰值压力。

2.3　高回弹发泡

聚氨酯发泡层是座椅的核心承载缓冲结构,承担支撑人体、衰减振动、冲击缓冲的核心功能,是决定座椅静态弹性特性与动态隔振性能的最关键结构层,对乘员乘坐舒适性具有决定性影响。当前汽车工业应用最广泛的座椅发泡材料为聚氨酯(Polyurethane,PU)泡沫塑料[7]。发泡制备过程中,通过对二苯基甲烷二异氰酸酯(Diphenylmethane Diisocyanate,MDI)、甲苯二异氰酸酯(Toluene Diisocyanate,TDI)及混合二异氰酸酯(Mixed Diisocyanate,MT)(TDI与MDI的混合体系)等异氰酸酯原料的选型与配比调控,结合发泡剂、交联剂等助剂的优化,可实现发泡密度、硬度、回弹率等核心力学性能的定向设计。

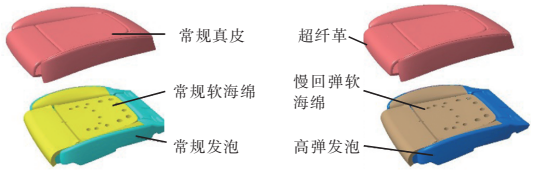
普通座垫PU发泡多采用低密度发泡工艺,长期反复承压后易产生永久性压缩变形,导致座垫支撑刚度衰减、下陷量增大,进一步加剧臀部与腿部的压力分布不均问题。高回弹PU泡沫通常采用高密度配方与高活性发泡体系制备,受压卸力后可快速恢复初始形态,能长期为乘员提供稳定的贴合包裹感。采用高回弹发泡的座垫结构,可更均匀地分散乘员身体压力,避免坐骨结节等部位出现局部压力过高的问题,同时在动态行驶工况下具备更优异的振动衰减性能,可为乘员提供良好的动态支撑性与长期使用舒适性[8-9]。常规发泡与高回弹发泡性能对比如表3所示。

表3　常规发泡与高回弹发泡性能对比

指标	常规发泡	高回弹发泡
密度/kg·m^{-3}	35	45
65%压陷力/N	≥700	650~680
压陷比	≥6	≤5
滞后损失率/%	≥22	≤20
回弹率/%	≤55	≥60

2.4　座垫构成方案

为系统评估面套面料、软海绵层与发泡层三类核心材料对座椅乘坐舒适性的影响规律,实现座椅静态舒适性与动态舒适性的协同平衡提升,本研究设计了“超纤革面料+慢回弹软海绵+高回弹发泡”的新型座垫舒适性构成方案,同时选取同平台下的常规座垫构成方案作为对照组,通过对比试验分析新型方案在静态与动态工况下的舒适性提升效果。2种座垫的材料层叠构成方案如图2所示。



(a)常规座垫构成　　(b)新型座垫构成

图2　座垫不同舒适性构成方案对比

3　座椅舒适性评价

3.1　舒适性客观评价

3.1.1　座垫硬度分布

采用标准化座垫硬度分布测试方法[10]可直观识别座椅表面是否存在明显局部硬点或过软区域,以此为依据优化发泡材料的硬度分区匹配与型面轮廓设计,进而提升乘员落座后与座椅表面的型面贴合感与乘坐舒适感。座垫表面硬度分布测试的测点沿横向与纵向阵列布置,覆盖座垫主承载区、侧翼支撑区与大腿支撑区,测点布置方案如图3所示。

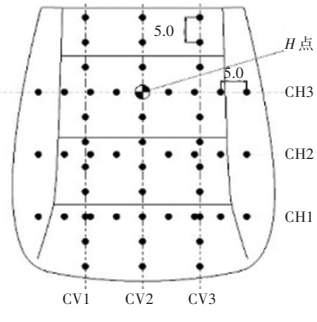
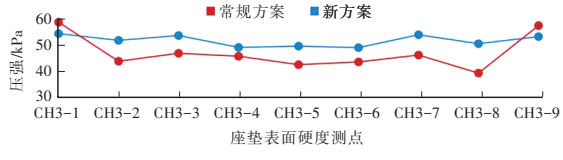
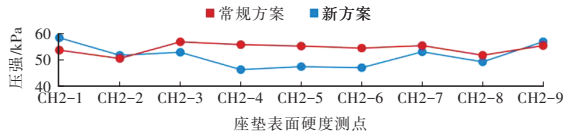


图3　座垫表面硬度分布测量点

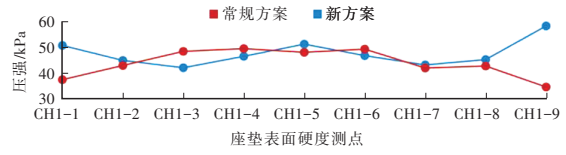
采用上述测试方法分别对常规方案座垫与优化新方案座垫开展测试,获得2种方案座垫的横向、纵向硬度分布曲线,分别如图4、图5所示。



(a) CH3行各测量点硬度分布

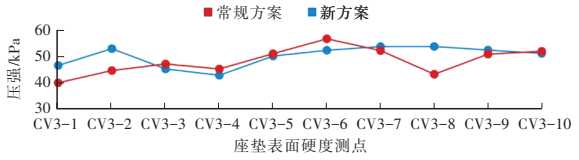


(b)CH2行各测量点硬度分布

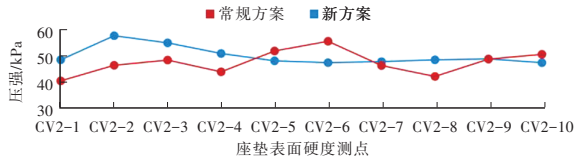


(c)CH1行各测量点硬度分布

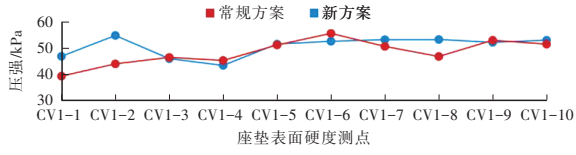
图4 座垫硬度横向分布测试结果



(a)CV3列各测量点硬度分布



(b)CV2列各测量点硬度分布



(c)CV1列各测量点硬度分布

图5 座垫硬度纵向分布测试结果

由横向硬度分布测试结果可知,新方案座垫的横向表面硬度呈现“侧翼硬度略高、正中区域适中”的分布特征,硬度过渡自然平缓,无明显突变硬点或局部过硬区域,与人体臀部横向轮廓匹配性良好,静态贴合舒适性表现优异。常规方案座垫的横向表面硬度分布阶梯感较为明显,座垫前中部大腿支撑区域硬度偏高,易使乘员大腿下部出现压迫不适感;同时,其两侧侧翼区域硬度偏低,在车辆动态行驶工况下易出现侧向支撑不足的问题,难以有效约束乘员身体的侧向位移,影响动态乘坐稳定性。

纵向硬度分布测试结果显示,新方案座垫的纵向表面硬度分布与乘员标准坐姿下的座垫承压轮廓一致性较高,硬度最大值出现在乘员坐骨结节对应承载区域,整体分布符合人体工程学原理,可在提供有效支撑的同时保证臀部压力的均匀分散。常规方案座垫的纵向表面硬度最大值出现在大腿支撑区域,与乘员乘坐后的实际承压轮廓明显不匹配,进一步印证了其大腿区域支撑硬度过高的设计缺陷。

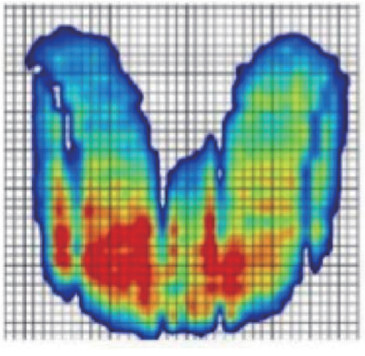
表面硬度分布分析表明,新方案座垫的硬度分区设计更为合理,通过差异化的区域硬度匹配较好地实现了乘坐舒适性与支撑稳定性的平衡。

3.1.2 座垫体压分布

座椅体压分布测试是客观评价座椅静态舒适性能的核心量化手段。通过测试并分析座椅不同区域的最大压强、平均压强和接触面积等评价指标,结合体压分布云图与压力分布变化规律,可实现对座椅与人体接触面贴合状态、支撑均匀性的定量评判[10-12],是验证座椅舒适性优化效果的关键测试方法。测试在标准坐姿工况下开展,测试状态及测量原理示意如图6所示。



(a) 体压实际测试状态展示

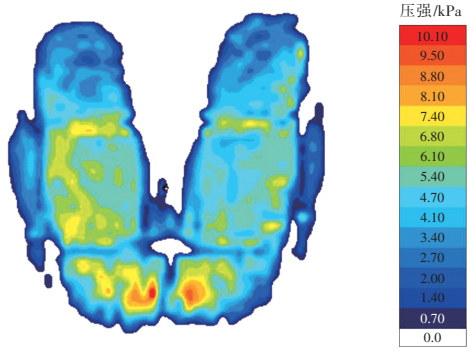


(b) 座垫体压测量结果

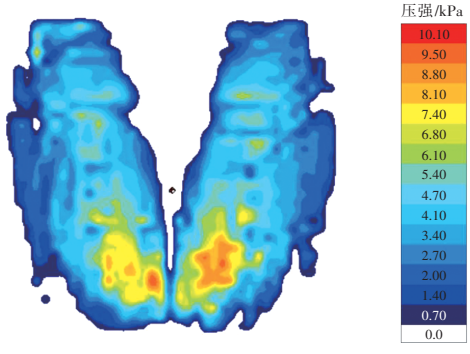
图6 座椅体压测试状态和测量结果示意

图7所示为2种方案座垫的压力分布云图。从云图分布特征可以看出,常规方案座垫在大腿与臀部区域存在明显的压力分布不均与局部高压集中问题;新方案座垫的大腿区域压力分布均匀平缓,对大腿的支撑力适中无局部高压,压力峰值集中于坐骨结节对应区域,且压力峰值显著低于常规座垫,压力扩散与分散效果更优。该结果表明,新方案座垫能够为乘员提供更均匀、自然的体

压支撑,有效降低局部压迫感,使乘员获得更优的静态乘坐舒适性。



(a) 常规方案



(b) 新方案

图7　座垫体压分布云图

2种方案座垫的体压分布量化测试结果如表4所示,测试数据规律与压力分布云图的定性分析结果一致。相较于常规方案,新方案座垫为乘员提供了更宽阔、更柔和的臀部、侧翼与大腿支撑,总接触面积与各分区支撑面积均有提升,局部压强均有下降,整体贴合性、包裹性与支撑性更优,静态舒适性提升效果显著。

表4　座垫体压分布测试结果

指标	常规方案	新方案
座垫接触面积/cm^2	1 473	1 542
座垫最大压强/kPa	11.0	10.1
侧翼支撑面积/cm^2	148.39	203.23
侧翼平均压强/kPa	2.2	2.0
大腿前部支撑面积/cm^2	322.58	366.13
大腿前部最大压强/kPa	7.0	6.8

对垂直于座垫纵向对称轴的各横截面压力进行积分,以座垫纵向对称轴为横坐标、截面压力积分结果为纵坐标绘制曲线,即可得到座垫的纵向压力分布曲线[13],如图8所示。该曲线可直观反映乘员从臀部到腿部的压力沿纵向的分布状态与变化趋势,是分析座垫前后方向压力分配合理性的重要依据。

理想的座垫表面纵向压力曲线应呈单峰右偏态分布,压力集中作用于坐骨结节部位,符合人体坐姿下的承压生理特征。由图8可知,新方案座垫的腿部受压区压力呈缓慢爬升趋势,臀部受压区的截面压力积分曲线呈现快速升降的趋势,最大受压点(波峰位置)出现在乘员坐骨结节区域,压力分布形态与理想状态高度吻合。常规方案座垫的纵向压力分布曲线在大腿与臀部区域出现2个压力峰值,与人体标准坐姿下的理想承压轮廓存在较大差异,压力分配合理性不足。

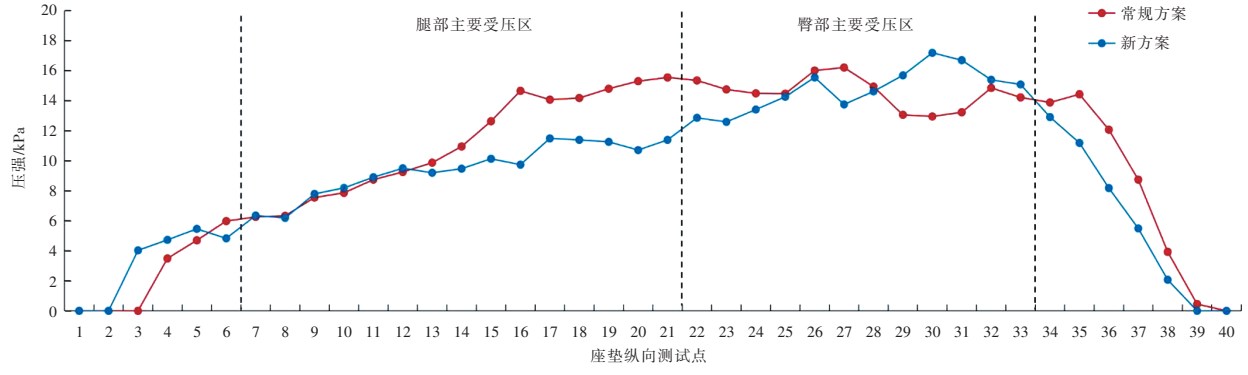


图8　座垫表面纵向压力曲线

3.2　舒适性主观评价

3.2.1　舒适性主观评价方法

座椅乘坐舒适性主观评价是指评价人员保持标准驾驶姿态或乘坐姿态下,通过主观感官感知和统计分析对座椅乘坐舒适性等级进行判定的评价方法。评价维度通常涵盖静态工况下的座椅软硬度、下陷感、支撑感、侧压感、体表贴合适合感,以及动态工况下的触底感、侧向支撑性、座椅振动

衰减性能、人体姿态保持性等[14-16]。主机厂通常组建专业的舒适性评价团队，针对座椅开展静态与动态全工况主观评价，输出标准化的座椅乘坐舒适性主观评价结果。

座椅主观评价的首要环节是遴选评价人员。座椅舒适性主观评价团队成员通常需具备座椅性能设定、结构设计、质量管控等相关专业背景，熟悉评价标准与流程。评价样本量越大，收集到的评价结果越能真实反映座椅的实际舒适性表现。本研究选取20名专业评价人员，评价人员的体型分布依据GB/T 15759—2023《人体模板设计和使用要求》与GB/T 10000—2023《中国成年人人体尺寸》中最新中国人体尺寸数据库的分布规律确定，评价团队组成如表5所示。

表5 评价团队组成

组别	人体百分位	身高范围/mm	组员所占比例%
娇小体型女性	第5百分位~第15百分位	1 500~1 545	25~30
中等身材男性	第16百分位~第84百分位	1 600~1 780	50
高大体型男性	第85百分位~第95百分位	1 780~1 830	20~25

3.2.2 舒适性主观评价工况

座椅乘坐舒适性主观评价分为静态评价与动态评价2类工况。静态评价指车辆或座椅夹具静止放置于地面，评价人员通过手部触摸、指压测试、静坐体验、标准速度落座、人体与座椅小范围相对移动等方式，完成静态评价项目的评分。动态评价指评价人员保持标准驾姿或坐姿，按照规定的道路条件与行驶车速通过测试路面，完成动态评价项目的评分。静态与动态评价工况的具体设置如表6所示。

表6 舒适性主观评价工况说明

评价要素	工况类型	道路情况	车速/km·h^{-1}
表面硬度	静态		
下陷感	静态		
大腿支撑	静态		
侧压感	静态		
适合感	静态		
触底感	动态	比利时路	20
侧翼刚性	动态	广场定圆	35、50
垂直振动吸收	动态	连续减速带	20
姿态保持	动态	一般路面环道/广场定圆	20(环道) 50(广场)

3.2.3 舒适性主观评分规则

针对被测座垫方案，由选定的评价人员开展乘坐舒适性主观评价打分，获取座垫舒适性评分数据。本研究采用十点制打分规则，将座垫乘坐舒适性p划分为7个等级，每个等级对应相应的分数区间以及评价指标如表7所示。

表7 座垫舒适性主观评分表

评价指标	拒绝	讨厌	不满	普通	较满意	非常满意	几乎完美
表面硬度p_1	$1\leqslant p_1<3$	$3\leqslant p_1\leqslant 4$	$4<p_1<6$	$6\leqslant p_1\leqslant 7$	$7<p_1\leqslant 8$	$8<p_1\leqslant 9$	$9<p_1\leqslant 10$
下陷感p_2	$1\leqslant p_2<3$	$3\leqslant p_2\leqslant 24$	$4<p_2<6$	$6\leqslant p_2\leqslant 7$	$7<p_2\leqslant 8$	$8<p_2\leqslant 9$	$9<p_2\leqslant 10$
大腿支撑p_3	$1\leqslant p_3<3$	$3\leqslant p_3\leqslant 4$	$4<p_3<6$	$6\leqslant p_3\leqslant 7$	$7<p_3\leqslant 8$	$8<p_3\leqslant 9$	$9<p_3\leqslant 10$
侧压感p_4	$1\leqslant p_4<3$	$3\leqslant p_4\leqslant 4$	$4<p_4<6$	$6\leqslant p_4\leqslant 7$	$7<p_4\leqslant 8$	$8<p_4\leqslant 9$	$9<p_4\leqslant 10$
适合感p_5	$1\leqslant p_5<3$	$3\leqslant p_5\leqslant 4$	$4<p_5<6$	$6\leqslant p_5\leqslant 7$	$7<p_5\leqslant 8$	$8<p_5\leqslant 9$	$9<p_5\leqslant 10$
触底感p_6	$1\leqslant p_6<3$	$3\leqslant p_6\leqslant 4$	$4<p_6<6$	$6\leqslant p_6\leqslant 7$	$7<p_6\leqslant 8$	$8<p_6\leqslant 9$	$9<p_6\leqslant 10$
侧翼刚性p_7	$1\leqslant p_7<3$	$3\leqslant p_7\leqslant 4$	$4<p_7<6$	$6\leqslant p_7\leqslant 7$	$7<p_7\leqslant 8$	$8<p_7\leqslant 9$	$9<p_7\leqslant 10$
垂直振动吸收p_8	$1\leqslant p_8<3$	$3\leqslant p_8\leqslant 4$	$4<p_8<6$	$6\leqslant p_8\leqslant 7$	$7<p_8\leqslant 8$	$8<p_8\leqslant 9$	$9<p_8\leqslant 10$
姿态保持p_9	$1\leqslant p_9<3$	$3\leqslant p_9\leqslant 4$	$4<p_9<6$	$6\leqslant p_9\leqslant 7$	$7<p_9\leqslant 8$	$8<p_9\leqslant 9$	$9<p_9\leqslant 10$

座垫乘坐舒适性分值计算公式为：

$$\varphi_{\text{cusion}}=\sum_{i=1}^{11}a_i p_i \tag{1}$$

式中：φ_{cusion}为座垫总体舒适性综合评分，a_i(i=1,2,…,9)为座垫总体舒适性下属9项二级性能指标对应的权重系数，p_i(i=1,2,…,9)为对应二级性能指标的主观评分。

3.2.4 舒适性主观评价结果

依据评价团队遴选方法，本研究选取20位

覆盖不同人体百分位的专业评价人员,分别对搭载常规方案与新方案座垫的座椅开展实车乘坐舒适性主观评价。评价人员严格遵循主观评分规则,先完成 30 min 的静态舒适性评分,再开展 1 h 的动态驾乘工况下的舒适性评分。记录 20 位评价人员的各项评价分值,取算术平均值,2 种方案的主观评价结果对比如图 9 所示。

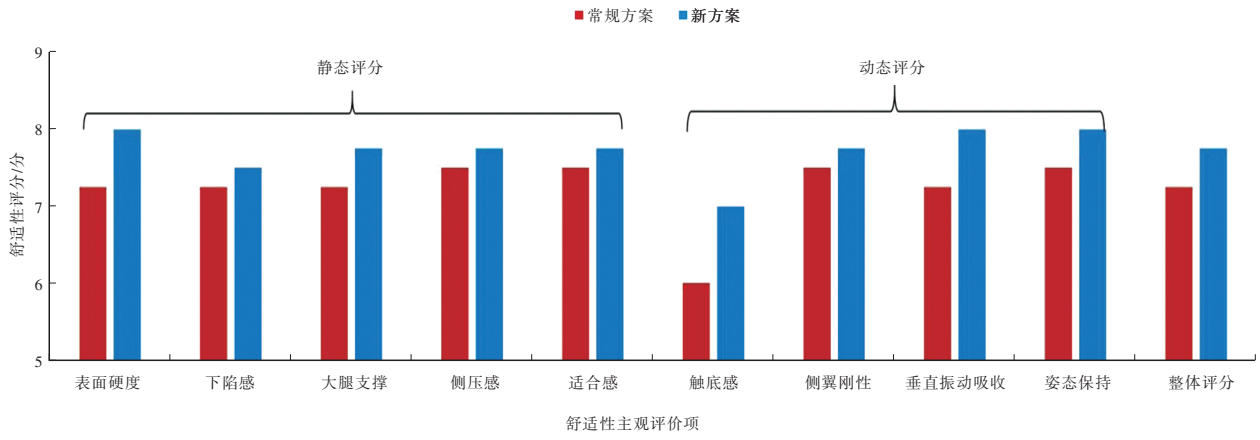


图 9　座垫舒适性主观评价结果

主观评价结果表明,新方案座垫在静态与动态舒适性的所有评价项目中得分均高于常规座垫。其中,触底感、垂直振动吸收两项指标提升幅度最大,分别从 6 分、7 分上升到了 7.25 分、8 分,乘员的舒适性感知得到显著改善。新方案实现了静态舒适性与动态舒适性的同步提升,具备优异的综合舒适性表现。

同时,主观评价结果与前述客观试验结论一致性较好:相较于常规构成方案,采用新材料匹配方案的座垫对乘员具有更优的包裹贴合效果与缓冲支撑性能,表明主观评价与客观评价的结论具有较高的一致性,基于主客观结合的座椅舒适性评价方法具备较高的准确度与置信度。

4　结束语

本研究以汽车座椅座垫的乘坐舒适性提升为目标,围绕面套表层、缓冲过渡层与核心承载层三类舒适性关键材料开展匹配优化,设计了“超细纤维合成革+慢回弹软质海绵+高回弹聚氨酯发泡”的新型座垫构成方案。通过客观性能测试与专业主观评价相结合的方法,从静态贴合特性与动态隔振性能 2 个维度,对新型方案与同平台常规座垫方案进行对比验证。研究结果表明,新型座垫方案有效破解了座椅舒适性开发中柔软触感与支撑稳定性难以兼顾、静态舒适性与动态舒适性需求难以平衡的问题,其座垫硬度分布与人体承压轮廓匹配度更高,体压分布均匀性显著优化,坐骨结节与大腿区域的局部高压问题得到明显改善,同时,动态工况下的振动吸收能力与侧向支撑稳定性均有提升,全工况下的综合乘坐舒适性表现优异。

参考文献:

[1] 刘洋江. 某车型驾驶座椅静态舒适性分析及优化[D]. 长沙: 湖南大学, 2019.

[2] 杜长江, 马秀英, 从云鹏, 等. 汽车座椅感知舒适性评价体系研究[J]. 上海汽车, 2020(7): 13-18.

[3] 梁玲. 汽车座椅泡沫坐垫舒适性研究[D]. 重庆: 重庆大学, 2018.

[4] 江中华. 汽车座椅舒适性开发的初步研究[J]. 企业科技与发展, 2011(19): 45-49+62.

[5] 史成君. 超纤革在汽车座椅面料中的应用研究[J]. 中国皮革, 2025, 54(9): 143-146.

[6] 李龄. 超纤皮替代真皮在汽车座椅上的应用研究[J]. 汽车工艺与材料, 2014(7): 59-61+65.

[7] 王力, 李英. 聚氨酯发泡材料在汽车上应用的新技术[J]. 汽车工艺与材料, 2007(5): 66-68.

[8] 刘挺. 座垫用冷固化高回弹泡沫塑料[J]. 化工时刊, 2000(4): 40-42.

[9] 黄莹. 高回弹聚氨酯泡沫体影响性能的研究[J]. 当代化工研究, 2021(2): 27-28.

[10] 董明, 戴善其. 基于发泡硬度分布的汽车座椅舒适性

分析[J]. 汽车工程师, 2019(7): 30–33.

[11] 刘鹏, 雷明星, 段小刚 . 汽车座椅体压分布研究[J]. 汽车科技, 2015(2): 23–27.

[12] 张志飞, 袁琼, 徐中明, 等 . 基于体压分布的汽车座椅舒适性研究[J]. 汽车工程, 2014, 36(11): 1399–1404.

[13] 吴新林 . VDT 办公系统中的人机关系研究[D]. 南京: 南京林业大学, 2011.

[14] 刘慧忱, 徐源林, 李旭, 等 . 短时间座椅静态舒适性主观评价研究[J]. 机械工程与技术, 2019(6): 511–518.

[15] 张亚萍 . 汽车座椅舒适性的静态评价研究[J]. 汽车与配件, 2022(9): 68–70.

[16] 马佳, 范智声, 阮莹, 等 . 汽车座椅舒适性研究综述[J]. 上海汽车, 2008(1): 24–27.

AT&M