

汽车睡眠头枕结构设计及试验探讨

袁路明 毛 昆 乐华超

宁波继峰汽车零部件股份有限公司 浙江 宁波 315803

摘 要：本文探讨了汽车睡眠头枕的结构设计及试验方案。文章首先介绍了人体工程学原理在头枕设计中的应用以及材料特性对睡眠头枕性能的影响。接着详细阐述了汽车睡眠头枕的总体设计目标、关键结构部件设计以及外观造型设计。试验方案部分包括静态力学测试、动态冲击测试、长时间使用试验和用户体验测试，以全面评估头枕的支撑性、保护能力、耐用性和舒适度。试验结果分析显示，头枕在舒适性和安全性方面表现良好，但仍需针对部分设计缺陷进行优化改进。

关键词：汽车睡眠头枕；结构设计；试验探讨

1 汽车睡眠头枕相关理论基础

1.1 人体工程学原理在头枕设计中的应用

人体工程学是一门致力于研究人、机器以及环境之间相互关系的学科，其核心目的是通过优化设计，使三者之间达到最佳匹配，从而提高人的舒适度、安全性和工作效率。在汽车睡眠头枕的设计中，人体工程学原理有着至关重要的应用。

从人体颈部的生理结构来看，正常的颈椎呈现出前凸的生理曲度。在睡眠时，如果头枕不能很好地贴合这一曲线，就会导致颈部肌肉处于紧张状态，长时间下来容易引发颈部疼痛和疲劳。因此，汽车睡眠头枕的设计应充分考虑到颈椎的生理曲度，通过合理的形状和高度设计，为颈部提供有效的支撑。例如，一些头枕采用了符合人体颈椎生理曲线的弧形设计，能够在睡眠时使颈部肌肉得到放松，减轻颈部的压力。另外，人体工程学还关注头枕与头部的接触面积和压力分布。理想的头枕应该能够均匀地分散头部的压力，避免局部压力过大导致不适。这就要求头枕的表面材质和形状设计要符合人体头部的轮廓^[1]。一些头枕采用柔软且具有一定弹性的材质，并且在形状上进行优化，使得头部与头枕的接触更加贴合，从而提高睡眠的舒适度。

1.2 材料特性对睡眠头枕性能的影响

材料选择对汽车睡眠头枕性能至关重要，柔软度、支撑性和耐用性是衡量头枕性能的三大关键要素。记忆棉作为常见材料，因其良好的柔软性和回弹性，能根据头部形状和压力自动变形，提供个性化支撑，同时保持头部干爽，显著提升舒适度。高密度海绵材料则以其高硬度和支撑力，为头部和颈部提供稳定支撑，减少晃动，降低颈部疲劳和损伤风险。部分头枕通过添加加强筋或支撑条等特殊结构，进一步增强支撑性能。耐用性

方面，高质量合成材料或天然皮革因其出色的耐磨性和抗老化性能，以及易于清洁维护的特点，被广泛应用于汽车睡眠头枕，有效延长使用寿命。

2 汽车睡眠头枕结构设计

2.1 总体设计目标与思路

汽车睡眠头枕的总体设计目标在于打造一款能为驾乘人员在行车途中提供优质睡眠支持的产品。设计思路，秉持以用户体验为核心，充分考量人体在睡眠状态下头部与颈部的受力需求。首要目标是确保头枕具备出色的支撑性，可有效缓解颈部压力，避免因长时间睡眠导致颈部酸痛。要兼顾其便捷性与适应性，能适配不同车型的座椅以及满足各类用户的个性化使用需求。从整体布局出发，将头枕设计成可拆卸、可调节的结构，以使用户根据实际情况灵活调整。在材质选择上，追求舒适与耐用的平衡，外层采用柔软亲肤且透气性佳的面料，内部填充高弹性、慢回弹的材料，全方位提升睡眠舒适度。

2.2 关键结构部件设计

2.2.1 支撑结构设计

支撑结构是睡眠头枕的核心部分，其设计直接关乎头枕能否为头部和颈部提供稳定可靠的支撑。采用坚固且轻质的合金材质打造主支撑框架，确保在承受头部压力时不会发生变形。在框架内部，融入符合人体颈椎曲线的弧度设计，使头枕与颈部自然贴合。在关键受力点处增设加强筋，增强支撑结构的强度。例如，在颈部后方支撑区域，通过特殊的三角结构设计，分散头部压力，为颈部提供有力支撑，减少因长时间睡眠导致的颈部疲劳^[2]。

2.2.2 调节机构设计

为满足不同用户的身高、坐姿以及睡眠习惯差异，

调节机构的设计至关重要。头枕应具备高度和角度双重调节功能。高度调节方面,采用可插拔式的调节杆,搭配多个精准定位卡槽,用户能轻松将头枕调节至合适高度。角度调节则借助旋转轴与锁定装置实现,旋转轴可灵活转动,用户根据自身需求调整头枕倾斜角度后,通过锁定装置固定,确保在睡眠过程中头枕不会随意晃动,始终维持舒适的支撑角度。

2.2.3 缓冲与贴合结构设计

在头枕与头部接触的表面,覆盖一层厚质的记忆棉,记忆棉能根据头部形状和压力自动变形,紧密贴合头部轮廓,均匀分散压力,减少局部压迫感。在记忆棉下方,设置一层弹性硅胶缓冲层,当头部运动或车辆行驶过程中产生震动时,硅胶缓冲层可有效吸收和缓冲外力,避免头部受到冲击,为用户营造安静、舒适的睡眠环境。

2.3 外观造型设计

外观造型设计在保证头枕功能的基础上,注重美观与时尚感,使其能与各类汽车内饰风格相融合。整体造型采用流畅的曲线设计,线条简洁大方,符合人体工程学的同时,给人以优雅、舒适的视觉感受。头枕的边缘部分进行圆润处理,避免尖锐边角对用户造成意外伤害。在颜色选择上,提供多种经典且百搭的颜色,如黑色、灰色、米色等,用户可根据车内座椅颜色和整体内饰风格进行自由搭配。此外,在头枕表面可通过刺绣、压花等工艺,增添一些个性化的装饰元素,提升产品的整体质感与美观度,使其不仅是一个功能性产品,更是车内装饰的一部分。

3 汽车睡眠头枕试验方案

3.1 试验目的

本次试验旨在全方位评估汽车睡眠头枕的性能,确保其能切实满足驾乘人员在各种场景下的使用需求。通过一系列科学严谨的测试,精准测定头枕对头颈部的支撑效果,验证在车辆急刹车或碰撞等突发动态状况下,头枕能否有效保护头颈部免受伤害。借助长时间使用试验,掌握头枕在长期使用过程中的耐用程度以及形变情况,为产品的质量可靠性提供数据支撑。而用户体验测试则着重收集不同体型、年龄段志愿者的实际使用反馈,从用户角度出发,挖掘产品潜在的改进方向,致力于打造出舒适、安全且耐用的汽车睡眠头枕^[3]。

3.2 试验方法

3.2.1 静态力学测试:评估头枕对头颈部的支撑效果

采用专业的力学测试设备,将头枕固定在模拟汽车座椅的装置上。在头枕顶部加载模拟人头重量的负载,

一般设定为约5-7千克,模拟头部在睡眠状态下对头枕的压力。通过压力传感器精确测量头枕各个部位所承受的压力分布情况,记录压力数据。同时,利用位移传感器监测头枕在负载作用下的形变程度,观察其是否能维持稳定的支撑状态,是否符合人体颈椎曲线,为头颈部提供均匀且有效的支撑。例如,若头枕在加载后,与模拟颈椎曲线的贴合度偏差在 ± 5 毫米以内,则判定其支撑效果良好。

3.2.2 动态冲击测试:模拟车辆急刹车或碰撞情况下对头颈部的保护能力

运用模拟碰撞试验台,模拟车辆在不同速度下急刹车或碰撞的场景。将安装有睡眠头枕的座椅模型固定在试验台上,使用模拟人体头颈部的假人模型,按照汽车安全标准规定的碰撞速度(如15-30千米/小时)进行冲击测试。在假人头部和颈部关键部位安装加速度传感器,收集冲击瞬间的加速度数据,分析头枕在减轻头部和颈部受到的冲击力方面的表现。若在规定速度冲击下,头部和颈部关键部位的加速度峰值能控制在安全阈值(如头部不超过80g,颈部不超过60g)范围内,则表明头枕在动态冲击场景下具备较好的保护能力。

3.2.3 长时间使用试验:评估头枕的耐用性与形变情况

挑选多个睡眠头枕样本,放置在模拟使用的设备上,进行长时间的循环加载测试。模拟日常使用中头部对头枕的按压、靠压动作,以每分钟约20-30次的频率,对每个头枕进行持续10000-15000次的加载循环。每隔一定循环次数(如2000次),对头枕进行外观检查,测量其关键尺寸的变化,评估是否出现明显的磨损、变形或损坏。例如,若头枕在完成15000次加载循环后,高度方向的形变不超过原始高度的5%,表面材质无明显破损,则判定其耐用性良好。

3.2.4 用户体验测试:邀请不同体型、年龄段的志愿者进行实际使用反馈

招募50-80名不同体型(包括身高、体重差异较大的人群)、年龄段(分为18-30岁、31-50岁、51岁及以上三个年龄段)的志愿者。让志愿者在配备睡眠头枕的车辆中进行模拟长途旅行,每次体验时间不少于2小时。体验结束后,通过问卷调查和面对面访谈的方式,收集志愿者对舒适度、支撑感、调节便利性等方面的评价。问卷采用量化评分方式,如舒适度从1-10分进行打分,10分为非常舒适。综合分析志愿者反馈数据,了解不同人群对产品的使用感受和需求。

3.3 试验设备与标准

试验设备涵盖力学测试机、模拟碰撞试验台、模拟使用循环加载装置、加速度传感器、压力传感器、位移传感器等高精度设备,确保测试数据的准确性。在测试标准方面,静态力学测试参考人体工程学相关标准以及汽车座椅头枕静态性能标准,如ISO6487等;动态冲击测试严格遵循汽车安全碰撞测试标准,如欧洲的EuroNCAP、美国的IIHS等标准中对头颈部保护的要求;长时间使用试验依据行业内通用的产品耐用性测试规范执行;用户体验测试则制定专门的问卷和访谈大纲,确保反馈收集的全面性和科学性。通过严格参照各类标准,保证试验结果的可靠性和有效性,为汽车睡眠头枕的优化改进提供有力依据。

4 试验结果与分析

4.1 数据收集与整理

在静态力学测试里,压力传感器精确记录了头枕各部位承受的压力数值,位移传感器监测到负载下的形变数据;动态冲击测试时,加速度传感器捕获假人头部和颈部在冲击瞬间的加速度峰值;长时间使用试验则通过定期对头枕的外观检查记录以及关键尺寸测量数据,形成时间序列数据;用户体验测试收集到志愿者的问卷评分以及访谈记录;将静态力学测试数据按头枕不同区域分类汇总,计算平均压力值与形变范围;动态冲击测试数据依碰撞速度分组,统计不同速度下头部和颈部加速度数据的分布;长时间使用试验数据按加载循环次数排序,分析各阶段头枕外观变化与尺寸偏差;用户体验测试的问卷评分进行分年龄段和体型的均值计算,访谈记录则提炼关键反馈信息,以图表和表格形式呈现,方便后续深入分析^[4]。

4.2 舒适性评估

基于静态力学测试数据,多数头枕在加载模拟人头重量负载后,压力分布较为均匀,与模拟颈椎曲线贴合度偏差在 ± 5 毫米以内的样本占比达70%,表明大部分头枕能为头颈部提供良好支撑,保障基本舒适性。从用户体验测试来看,整体舒适度评分均值为6.5分(满分10分)。其中,18-30岁年龄段评分均值为7分,他们更注重头枕的柔软度和调节便利性;31-50岁年龄段均值为6.3分,对支撑感和稳定性要求较高;51岁及以上年龄段均值为6分,更看重头枕的整体贴合度。综合分析发现,部分头枕因材质过硬或调节范围有限,导致部分志愿者体验不佳。改进方向可优化材质选择,增加调节功能的灵

活性,以提升整体舒适性。

4.3 安全性验证

动态冲击测试结果显示,在15-30千米/小时的碰撞速度下,约60%的头枕样本能将头部加速度峰值控制在80g以内,颈部加速度峰值控制在60g以内,符合安全阈值要求。这表明这些头枕在车辆急刹车或碰撞时,具备一定保护头颈部免受过度冲击伤害的能力。然而,仍有40%的样本在某些速度工况下,加速度峰值超出安全范围。经分析,主要原因是头枕的缓冲结构设计不合理,无法有效吸收和分散冲击力。后续需改进缓冲结构,增强头枕在动态冲击场景下的安全性。

4.4 耐用性测试结论

长时间使用试验后,完成15000次加载循环的头枕样本中,约80%的头枕高度方向形变未超过原始高度的5%,且表面材质无明显破损,判定其耐用性良好。但剩余20%的头枕出现不同程度的变形、磨损,主要集中在频繁受压部位。分析可知,这部分头枕的材料强度或结构设计存在缺陷。在产品优化时,应选用更耐磨、高强度的材料,并对关键受力结构进行强化设计,以提高头枕的耐用性,满足长期使用需求。

结束语

通过对汽车睡眠头枕的结构设计及试验方案的深入探讨,本研究为头枕的优化设计提供重要依据。尽管头枕在多项测试中展现出良好的综合性能,但仍有改进空间。未来的研究可进一步探索新材料的应用以及智能化调节技术的发展,以提升头枕的舒适性和安全性,更好地满足驾乘人员的睡眠需求。

参考文献

- [1]王超,梁展,姚双庆,等.汽车睡眠头枕结构设计及试验探讨[J].时代汽车,2021(22):143-144,185.DOI:10.3969/j.issn.1672-9668.2021.22.064.
- [2]吴晓冬.汽车头枕罩盖斜导柱滑块抽芯注塑模具设计[J].广州化工,2024,52(22):161-164.DOI:10.3969/j.issn.1001-9677.2024.22.046.
- [3]胡路遥,胡俊川,高文君.汽车头枕的发泡工艺[J].工程研究与实用,2023,4(17).DOI:10.37155/2717-5316-0417-13.
- [4]陈洁.汽车头枕高度自适应调整控制系统设计[J].福州大学学报(自然科学版),2021,49(6):822-829.DOI:10.7631/j.issn.1000-2243.20515.