

# 汽车座椅骨架轻量化及被动安全的研究

王磊 郑强

宁波继峰科技有限公司 浙江 宁波 315821

**摘要:** 随着汽车工业的不断发展,汽车座椅骨架的轻量化设计成为提升车辆性能的关键环节。探讨轻量化设计的原则和策略,包括材料优化选择、结构优化设计、制造工艺创新以及多学科协同设计等方面。同时,重点讨论座椅骨架的量化结构设计方法及其在实际应用中的案例分析。还深入分析座椅骨架在碰撞事故中的关键作用及其对乘员保护的影响。这些研究为提升汽车座椅骨架的被动安全性能提供了有价值的参考和指导,有助于推动汽车工业的安全性和轻量化发展。

**关键词:** 汽车座椅骨架;轻量化;被动安全;结构优化

## 1 汽车工程中轻量化设计原则

1.1 材料优化选择:汽车工程师会优先选择高强度、高刚性和低密度的新材料,如高强度钢、镁合金、塑料和复合材料等,以替代传统的重金属材料。这些新材料的使用可以有效减轻汽车的质量,同时保持或提高车辆的结构强度和安全性。

1.2 结构优化设计:轻量化设计不仅仅局限于材料的选择,更涉及到车辆结构的优化设计。通过先进的结构设计方法,如拓扑优化、尺寸优化和形状优化,可以在保证车辆结构性能的同时,减少材料的使用,进一步实现轻量化。

1.3 制造工艺创新:制造工艺的进步对轻量化设计至关重要。先进的制造技术,如激光焊接、热成形、液压成形等,不仅可以提高材料的利用率,还可以提高车辆结构的强度和精度。此外,新的装配工艺和模块化设计也可以有效地减少车辆质量。

1.4 多学科协同设计:轻量化设计需要多学科的协同工作,包括材料科学、机械工程、车辆工程、电子工程等。通过不同学科的交叉融合,可以在保证车辆性能和安全的前提下,更有效地实现轻量化<sup>[1]</sup>。

1.5 全生命周期考虑:在轻量化设计中,还需要考虑到汽车的全生命周期,包括制造、使用、回收等阶段。这就要求在设计中不仅要考虑到车辆的性能和安全性,还需要考虑到环境友好性、资源利用效率和成本等因素。

## 2 汽车座椅骨架轻量化技术

### 2.1 轻量化材料的应用

随着汽车工业的不断进步与发展,轻量化材料在汽车座椅骨架制造中的应用已成为业内的共识和趋势。轻量化不仅仅意味着减轻质量,更重要的是在减轻质量的同时确保或提高产品的性能。汽车座椅骨架,作为连接

乘员与车辆的重要组件,其性能对乘员的舒适性和安全性至关重要。采用先进的轻量化材料是座椅骨架设计与制造的关键。传统上,汽车座椅骨架主要使用钢材进行制造。钢材具有良好的结构强度和稳定性,但在追求更轻量、更高性能的当下,钢材已经不能满足所有需求。高强度钢的出现为座椅骨架的轻量化带来突破。高强度钢在保持优异的结构强度的同时,通过优化合金成分和热处理工艺,减轻自身的质量。这使得座椅骨架在实现相同承载能力的情况下,能够大幅度减少材料用量,从而实现轻量化。高强度空心管也是座椅骨架轻量化过程中的一个关键选择。高强度空心管,如高强度钢管或塑料管,以其出色的结构性能和轻量化特性在座椅骨架中发挥着重要作用。高强度空心管具有较低的质量,其空心结构可以有效地减少材料的使用,从而实现座椅骨架的轻量化。与此同时,这种材料的高强度确保座椅骨架在承受载荷时具有足够的刚度和稳定性,为乘客提供安全的支撑。高强度空心管还具有良好的耐腐蚀性,能够在不同的环境下保持其性能和结构稳定。这一特点使得座椅骨架在各种气候和使用条件下都能表现出色,延长了座椅的使用寿命。

### 2.2 量化结构设计方法

在追求汽车座椅骨架轻量化的过程中,除了合理的材料选择外,量化结构设计方法也发挥着至关重要的作用。这些方法基于先进的工程设计和优化技术,旨在通过对座椅骨架的结构进行精细调整,从而实现更为高效和精确的材料使用。拓扑优化是其中一种关键手段,它通过深入分析座椅骨架的内部传力路径和应力分布,确定结构中不必要的材料区域,并对其进行优化或去除。这种优化方法可以使材料的分布更加合理和高效,从而在不降低性能的情况下减少材料的使用量。尺寸优化则

是一种针对座椅骨架中各个构件截面尺寸的调整方法。它通过对构件的壁厚、截面形状等参数进行精细计算和优化,确保每个构件都能在满足强度和稳定性要求的前提下,使用最少的材料<sup>[2]</sup>。这种方法可以有效避免材料的浪费,实现材料的高效利用。形状优化则主要关注于座椅骨架的整体外形设计。通过改变构件的形状,例如优化其曲线、曲率和连接方式等,可以显著提高其力学性能和稳定性。在不增加材料使用的情况下,能够提升座椅骨架的整体性能,从而满足更高标准的安全性和舒适性要求。值得一提的是,这些量化结构设计方法并不是孤立的,而是需要综合应用、相互补充。例如,在拓扑优化的基础上进行尺寸和形状优化,可以确保座椅骨架在减轻质量的同时,仍然保持出色的结构强度和稳定性。

### 2.3 轻量化汽车座椅骨架案例分析

以某知名汽车制造商的某款车型为例,其座椅骨架在轻量化方面进行深入的探索和实践。在材料选择上,该车型座椅骨架大量采用空心管替代传统的普通钢材,有效减轻了质量。通过拓扑优化和尺寸优化,设计师对座椅骨架的内部结构和截面尺寸进行精细调整,不仅提高结构的整体刚度,还进一步降低了材料的使用量。形状优化也被广泛应用,如座椅靠背和坐垫的外形设计都经过了精心调整,以确保在满足人体工程学要求的同时,实现结构的最优化。通过这些措施的综合应用,该车型座椅骨架的质量相较于前代产品有显著下降,而其安全性和舒适性并未受到影响。这一案例的成功实践,为其他汽车制造商在座椅骨架轻量化方面提供了宝贵的经验和参考。

## 3 汽车座椅骨架被动安全技术

在汽车安全性设计中,被动安全技术尤为关键,它们在事故发生时旨在最大程度地保护乘员的安全。汽车座椅骨架作为乘员与车辆结构之间的关键连接部分,在被动安全中发挥着至关重要的作用。

### 3.1 座椅骨架在碰撞中的作用

在汽车碰撞事故中,座椅骨架扮演着至关重要的角色,它不仅仅是支撑乘员坐姿的骨架,更是整个乘员保护系统的关键组成部分。当汽车发生碰撞时,车辆结构会受到巨大的冲击力,这种力量不仅直接作用于车身,还会通过座椅传递给乘员。在这种情况下,座椅骨架的作用就显得尤为重要。(1)座椅骨架需要具有足够的结构强度,以承受来自各个方向的冲击力。这种结构强度不仅能有效地支撑乘员的身体,防止他们在碰撞过程中因惯性而过度移动,而且还能保持座椅的完整性,防止其破裂或变形。(2)座椅骨架还需要具备良好的能量吸

收能力。在碰撞过程中,座椅骨架不仅要承受冲击力,还要通过其结构设计将部分碰撞能量转化为热能或其他形式的能量,从而减小对乘员的直接冲击。这种能量吸收能力可以有效地减少对乘员的伤害,提高整个乘员保护系统的效能<sup>[3]</sup>。(3)座椅骨架还需与车辆的其他安全系统协同工作。例如,当车辆发生碰撞时,安全气囊会迅速充气展开,保护乘员的头部和胸部免受冲击。在这个过程中,座椅骨架需要提供足够的支撑和稳定性,确保安全气囊能够正确地展开并发挥作用。同样地,安全带预紧器也会在碰撞发生时迅速收紧安全带,减少乘员的前倾幅度。座椅骨架的稳固性对于安全带预紧器的正常工作也至关重要。

### 3.2 座椅骨架与乘员保护的关联分析

座椅骨架与乘员保护之间的关联是密不可分的。在车辆碰撞事故发生时,乘员的安全与保护很大程度上取决于座椅骨架的设计与性能。座椅骨架的刚性和强度对乘员在碰撞中受到的直接冲击程度具有决定性影响。乘员在遭遇碰撞时,身体会受到巨大的冲击力。如果座椅骨架的刚性和强度不足,将无法有效地支撑乘员的身体,导致乘员在碰撞过程中发生过度移动或受伤。座椅骨架需要具备足够的刚性和强度,以确保乘员在碰撞发生时能够得到稳固的支撑,从而减轻对乘员的直接冲击。在碰撞过程中,座椅骨架不仅要承受冲击力,还需要通过其结构设计和材料选择来吸收部分碰撞能量。这样可以减少传递给乘员的能量,从而降低乘员受到的伤害程度。同时,座椅骨架的合理变形也能够减少乘员颈部和胸部的伤害。例如,在正面碰撞中,座椅骨架可以通过合理的设计,使其能够在碰撞过程中发生适当的变形,从而减少对乘员颈部和胸部的冲击力。座椅骨架的设计还需要充分考虑乘员的人体工程学特性和伤害机理。人体工程学特性的考虑包括乘员的坐姿、体型和生理结构等,这些因素都会影响到座椅骨架的适应性和舒适性。而伤害机理的考虑则包括碰撞过程中的冲击力传递、乘员的运动轨迹以及碰撞后的乘员姿态等,这些因素都会影响到乘员的受伤程度。因此,座椅骨架的设计需要综合考虑这些因素,以确保在各种碰撞场景下都能为乘员提供最大限度的保护。

### 3.3 座椅骨架的吸能结构设计

座椅骨架的吸能结构设计是汽车被动安全技术中的关键环节。其核心目标是在车辆发生碰撞时,通过座椅骨架的特定结构将碰撞产生的能量吸收并分散,以减小对乘员的冲击。这要求座椅骨架不仅要具备足够的结构强度,还要拥有高效的能量吸收和分散机制。一种常

见的吸能结构设计是在座椅骨架的关键部位加入特定的能量吸收元件。例如,金属蜂窝结构和压溃盒等。这些元件通常在碰撞时能够承受大部分的冲击力,并通过塑性变形来吸收和分散能量。它们的加入不仅可以有效地减少对乘员的直接冲击,还可以提高座椅骨架的整体吸能能力。除此之外,对座椅骨架的材料选择和结构设计也至关重要。采用高强度钢和复合材料等轻质高强度材料,不仅可以提高座椅骨架的刚性和强度,还可以有效减轻其质量。这是因为轻量化的座椅骨架可以在保证足够安全性的同时,降低车辆的整体质量,从而提高燃油经济性和动力性能。座椅骨架的结构设计也需要进行细致的优化。通过合理的结构布局 and 连接方式,可以提高座椅骨架的能量吸收效率和乘员保护效果<sup>[4]</sup>。例如,可以增加座椅骨架的截面尺寸、采用合理的弯曲和折弯设计、优化连接件的位置和数量等。这些措施都可以提高座椅骨架的吸能性能,使其在碰撞过程中更加有效地保护乘员。

#### 4 轻量化座椅骨架对被动安全性能的影响

##### 4.1 有限元模型建立与验证

在进行轻量化座椅骨架的碰撞性能分析之前,首先需要建立精确的有限元模型。这一过程通常包括座椅骨架的几何建模、材料属性定义、边界条件设置以及接触关系定义等步骤。其中,几何建模需要确保模型与原实物在尺寸、形状和结构等方面的高度一致性;材料属性定义则需要根据座椅骨架的实际使用材料,设置其弹性模量、屈服强度、泊松比等力学参数;边界条件设置和接触关系定义则需要模拟座椅骨架在实际车辆中的约束状态和受力情况。完成有限元模型的建立后,还需要进行模型的验证。这通常通过实验数据与仿真结果的对比来实现。通过对比座椅骨架在静态加载、动态冲击等工况下的实验数据与仿真结果,可以评估有限元模型的准确性和可靠性。如果模型误差在可接受范围内,就可以用于后续的碰撞性能仿真分析。

##### 4.2 轻量化座椅骨架的碰撞性能仿真分析

在完成有限元模型的建立与验证后,就可以进行轻

量化座椅骨架的碰撞性能仿真分析。这一过程旨在评估轻量化设计后座椅骨架在碰撞事故中的表现,特别是其对乘员保护能力的影响。在仿真分析中,通常会模拟不同类型的碰撞场景,如正面碰撞、侧面碰撞和追尾碰撞等。通过模拟碰撞过程中座椅骨架的受力情况、变形情况以及能量吸收情况,可以评估其对乘员的保护效果。同时,还可以通过比较轻量化座椅骨架与传统座椅骨架的仿真结果,量化轻量化设计对被动安全性能的具体影响。通过这种仿真分析方法,汽车工程师可以在设计阶段就对座椅骨架的被动安全性能进行优化<sup>[5]</sup>。例如,根据仿真结果调整座椅骨架的结构设计、材料选择或者增加吸能元件等,以提高其在碰撞过程中的能量吸收和分散能力,从而更好地保护乘员的安全。

#### 结束语

随着汽车行业的持续发展和消费者对安全性能的不断关注,座椅骨架的轻量化和被动安全性能已成为研究的热点。通过综合应用先进的轻量化材料和量化结构设计方法,可以显著提升座椅骨架的性能并降低整车的质量。同时,利用有限元模型和碰撞仿真分析,可以全面评估座椅骨架在碰撞事故中对乘员的保护效果。未来,随着材料科学和计算技术的发展,期待座椅骨架的轻量化和被动安全性能达到新的水平,为乘员提供更加安全、舒适的乘车体验。

#### 参考文献

- [1]张光亚.龚云云.程一明.某微车座椅骨架的轻量化拓扑构型设计[J].汽车工程学报.2018.8(06):36-43.
- [2]张伟.刘伟.李晓雷.汽车座椅骨架轻量化设计与优化研究[J].中国机械工程.2018.29(10):1221-1227.
- [3]李宏雁.王登峰.苏丽俐.基于多目标遗传算法的汽车座椅骨架轻量化设计[J].汽车工程.2016.38(12):1462-1468.
- [4]黄宗益.叶鼎铨.汽车座椅骨架的轻量化设计[J].汽车技术.2015(4):1-5.
- [5]陈家瑞.王攀.王志刚.基于碰撞安全性的汽车座椅骨架轻量化设计与评估[J].中国安全科学学报.2019.29(3):86-92.