

基于鲸鱼形态仿生的零重力姿态舒适性座椅设计

文 / 任国鹏 高 瞩

摘 要：文章以鲸鱼形态仿生学为设计灵感，结合人体工程学原理，提出一种零重力姿态舒适性座椅设计方案。通过分析鲸鱼的饱满体态、流畅型面等生物特征，将其转化为座椅的形态与功能设计，阐述了设计的源域与目标域，行为层、目标层以及价值层的关系，实现对人体生理特征的适应性支撑。借助 AIGC 辅助创意生成方案意向图，并通过数字建模完成设计方案实践。研究表明，该设计在缓解疲劳、提升乘坐舒适性及美学价值方面具有显著优势，可广泛应用于家庭、主题馆、VIP 候车室等场景，并具备拓展理疗功能的潜力。该仿生学方法在产品中的应用实践不仅丰富了设计的内涵，还为解决实际问题提供了新的思路和方法。

关键词：工业设计；鲸鱼仿生；零重力座椅；舒适座椅设计；AIGC

DOI:10.16129/j.cnki.mysds.2025.08.020

随着现代生活节奏加快，久坐引发的健康问题日益凸显，人们对座椅的舒适性、健康支撑及美学价值提出了更高要求。传统座椅设计多聚焦于功能性，而忽视人体自然姿态与情感体验的结合。鲸鱼作为海洋中的“移动雕塑”，其流线型体态与高效运动能力为仿生设计提供了独特灵感。本文以鲸鱼形态仿生为核心，结合零重力姿态理论，探索一种兼顾舒适性、健康性与艺术性的座椅设计方案，旨在解决静态久坐引发的疲劳问题，同时增强用户的情感共鸣。该研究为产品设计领域提供新的设计思路和方法，推动仿生学在家居产品中的应用，提升用户体验和产品竞争力。

一、形态仿生学与零重力姿态的理论基础

（一）仿生学在产品中的应用现状

仿生学作为一门跨学科的科学，通过模仿自然界中的生物形态、结构和功能，为产品设计提供了创新灵感。近年来，仿生学在产品中的应用越来越广泛，涉及工业制造、建筑设计、医疗设备、交通工具等多个领域。例如，仿生学被用于优化产品的外形、功能和结构，提高产品的实用性和美观性^[1]（如图1）。在工业制造领域，仿生设计可以提高产品的功能性和效率，降低生产成本。在建筑设计中，仿生设计可以改善建筑的环境适应性和节能性能。在医疗器械方面，仿生设计可以提升设备的舒适性和便捷性。

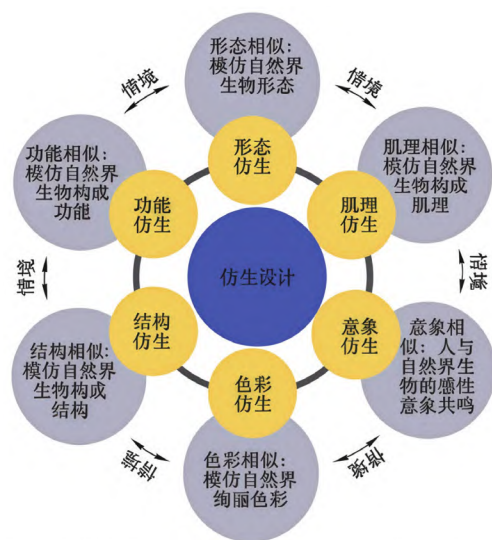


图1 产品外形设计类别

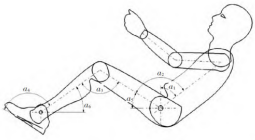
在交通工具领域，仿生设计可以优化车辆的空气动力学性能和驾驶体验。此外，仿生学还结合了人工智能、3D 打印和虚拟现实技术，进一步推动了设计的智能化和个性化。

仿生学在产品中的应用不仅丰富了设计的内涵，还为解决实际问题提供了新的思路和方法。通过模仿自然界的智慧，仿生设计正在成为现代产品设计中不可或缺的一部分。

表 1 源域特征与目标域转化逻辑

源域特征（鲸鱼）	目标域转化（座椅）	转化逻辑
流线型体态降低阻力	S 型靠背曲面分散背部压力	形态仿生→压力优化
脂肪层缓冲水压冲击	分层记忆棉 + 智能气囊动态支撑	功能仿生→舒适性
骨骼轻量化与高强度	铝合金龙骨结构	结构仿生→轻量化与稳定性
皮肤柔韧防水	亲肤抗菌面料 + 钢琴烤漆表面	材料仿生→环境适应性提升
动态游弋的视觉美感	非对称流线造型 + 蓝白渐变配色	美学仿生→情感化设计

表 2 零重力座椅人机布置参数

代号	名称	推荐值（°）	零重力座椅设计值（°）	人体重力坐姿
a1	靠背角	40 ~ 70	55±2	 注：a1：靠背角；a2：臀部角；a3：膝部角；a4：踝部角；a5：坐垫角；a6：小腿角
a2	臀部角	121 ~ 145	128±7	
a3	膝部角	127 ~ 150	133±8	
a4	踝部角	90 ~ 130	111±6	
a5	坐垫角	16 ~ 30	24±1	
a6	小腿角	25 ~ 45	34±3	

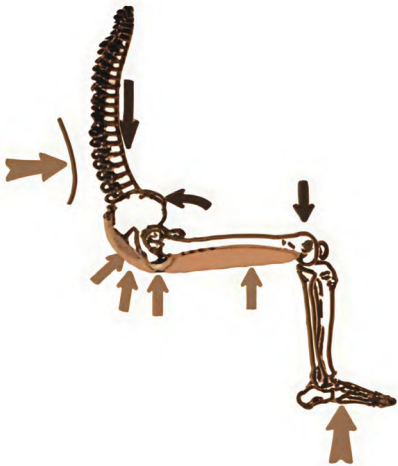


图 2 座椅作用在乘坐人上的力（来源：文献 [15]）

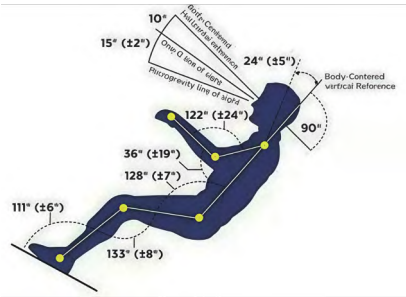


图 3 NASA 定义的零重力姿态（来源：汽车测试网）



图 4 问界 M7 零重力座椅（来源：问界官网）

（二）零重力姿态的生理学依据

1. 人体坐姿生理特性：坐姿是人体自然的姿势，比立姿更有利于血液循环。坐姿使站姿脚支撑全身的状况转变为以臀部支撑全身，有利于发挥脚的作用，保持身体的稳定。坐姿也存在一些缺点，主要是限制了人体的活动范围，长期维持坐姿会影响人的健康，引起腹肌松弛，下身肿胀，静脉压力增大，大腿局部受到压力，增加血液回流的阻力，脊柱的非正常弯曲，以及对某些内脏器官造成损害。如果座椅设计不合理，将导致坐姿不正确，会给身体带来严重损害^[2]。Zhang, L^[3]等指出，座椅所需的几种力学能力包括：保持脊柱的正确弯曲；限制腿筋肌肉下的压力。当人久坐或坐在设计不良座椅中时，机械参数与身体相互作用并可能引发导致不适的生理过程。为了将座椅的不适感降到最低，需要管理骨盆下的高压，最大限度地减少尾部和臀部下的压力，阻止骨盆向后倾斜（如图 2）。

2. 零重力姿态（Neutral Body Posture, NBP）指人体在失重状态下自然形成的放松姿势，此时肌肉与关节压力最小（如图 3）。模拟 NBP 姿态，通过调整座椅倾角与支撑点分布，人体受到良好支撑、受力均匀最舒适的躺姿姿态，可有效降低腰椎压力，改善血液循环，缓解久坐疲劳。

3. 零重力座椅设计原理：通过结合零重力原理和人体工程技术，模拟太空失重环境，使人体在座椅上能够自然放松，减轻地球引力带来的不适感。其中，NASA 关于宇航员零重力姿态（NBP）的研究为零重力座椅的设计提供了重要参考，设计充分考虑了人体的生理特征，其核心在于通过座椅的特殊设计，减轻肌肉骨骼压力，将人体的重力均匀分散到腿部、靠背和臀部，从而实现接近零重力的状态。例如，华为问界 M7 的 AITO 零重力座椅采用三轴动态调节系统，通过电机驱动座椅各部分调整至最佳姿态，达到零压感知的效果（如图 4）。

（三）鲸鱼的形态特征与仿生映射

鲸鱼的体型与构造，是经过漫长演化岁月锤炼的结晶。从流线型的躯体到强大的鳍肢，每一处细节都完美地配合了海洋环境，展现了大自然的鬼斧神工。鲸鱼体态饱满、型面流畅，其生物力学特征表现为低阻力运动与动态平衡能力。可以通过仿生学方法，将鲸鱼背部曲线映射为座椅靠背的支撑曲面，腹部圆润形态转化为座椅坐垫的包裹结构，形成符合人体脊柱自然曲度的支撑系统；也可以将鲸鱼优美的外形轮廓，映射到座椅的外形上，使座椅形态流有机流畅，展现一种动态美。

表3 零重力座椅布置设计参数

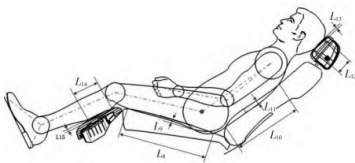
代号	名称	零重力座椅 设计值(mm)	人体舒适休息模式
L8	大腿压入坐垫有效距离	390 ~ 420	
L9	坐垫压陷量	20 ~ 35	
L10	靠背压入座椅靠有效距离	490 ~ 510	
L11	靠背压陷量	25 ~ 30	
L12	头压入头枕有效长度	50 ~ 90	
L13	头压入头枕有效压陷量	2 ~ 10	
L14	大腿压入腿托有效长度	90 ~ 150	
L15	大腿压入腿托有效压陷量	2 ~ 16	<p>注: L_8: 大腿压入坐垫有效距离; L_9: 坐垫压陷量; L_{10}: 靠背压入座椅靠背有效距离; L_{11}: 靠背压陷量; L_{12}: 头压入头枕有效长度; L_{13}: 头压入头枕有效压陷量; L_{14}: 大腿压入腿托有效长度; L_{15}: 大腿压入腿托有效压陷量</p>



图5 源域生物: 鲸鱼 (来源: baidu.com)

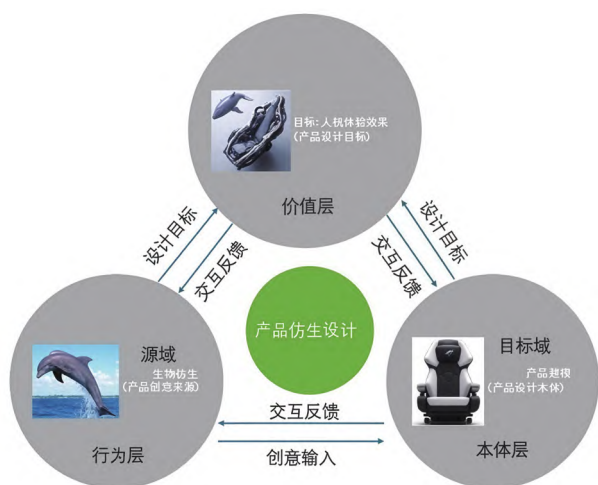


图6 产品仿生设计层次模型及源域与目标域关系 (来源: 笔者自绘)

(二) 产外形仿生设计的三个层次模型

产品外形仿生设计的核心是产品建模, 研究产品如何设计, 包括外形、结构、材料、色彩、材质等; 输入是生物仿生, 即生物界的形态、材质、结构等如何融入产品建模中; 目标是产出好的设计, 完成形态仿生的同时, 表达情感、提高效率。由此, 产品外形仿生设计可以用三个层次模型进行描述, 即本体层、行为层和价值层^[4]。本体层关注产品设计本身的物理属性, 产品的设计流程以及产品给用户带来的第一感受; 行为层侧重生物形态融入产品形态过程, 如产品的功能、性能以及可用性层面的感受, 以及用户在使用过程中的人机性、趣味性、操作效率和人性化程度等; 价值层, 人的体验、机的效能, 关注产品情感、社会、共创等价值。这三个层次以本体层为基础, 以价值层为目标, 以行为层为来源, 互相关联, 相互支撑。如图6以鲸鱼为源域, 座椅为目标域为例的产品设计三个层次模型的关系。

(三) 源域到目标域的逻辑转化

以鲸鱼与座椅为例, 转化过程可分为以下阶段:

1. 特征提取: 从生物原型到设计参数

源域分析: 鲸鱼的流线型体态降低水中阻力, 背腹曲线提供运动稳定性及各种优美姿态; 皮肤与脂肪层实现压力缓冲, 骨骼结构支撑庞大身躯。目标域映射: 将鲸鱼背部曲线形态转化为座椅靠背的S型曲面, 模仿脊柱自然曲度, 将鲸鱼的外形特征融于座椅的外形特征。功能: 鲸鱼脂肪层的缓冲特性映射为坐垫的分层材料, 包裹及提供人体乘坐舒适感。基于鲸鱼形态的仿生设计包括: 源域特征提取, 源域特征转化及源域特征仿生映射目标域等关键步骤, 使目标域外形具有非对称流线造型, 视觉动态感得到增强 (如图7)。

2. 功能适配: 从生物机制到工程实现

西华大学李娟^[5]采用身体压力分布分析与舒适度量评价相结合的评价思路, 分析了恒定坐姿条件下, 座椅靠

二、设计方法与实现

在仿生学设计中, “源域”与“目标域”是核心概念, 二者的合理转化是实现创新设计的关键, 以下是鲸鱼(源域)与座椅(目标域)转化逻辑与方法。

(一) 源域与目标域的定义与关系

源域(Source Domain)指自然界中具有特定功能或形态的生物、现象或系统, 为设计提供灵感与科学依据。例如鲸鱼, 体态饱满、型面流畅、运动高效、具有动态平衡能力。其核心特征是低阻力流线形态、肌肉与骨骼的协同支撑、环境适应性 (如图5)。目标域(Target Domain)指需要解决的人类需求或产品设计问题, 需通过仿生转化实现功能与形态创新。例如, 舒适座椅, 需缓解久坐疲劳、符合人体工程学、兼具美学价值。二者关系仿生设计的本质是跨领域映射, 通过提取源域的生物原理(形态、结构、行为), 将其抽象化并适配到目标域中, 解决功能或美学问题 (见表1)。



图7 源域特征提取及映射转化 (来源: 作者自绘)



图8 零重力姿态人机界面构建 (来源: 作者自绘)

背和坐垫形面特征与人体关键部位的舒适度关系,并据此提出了座椅初版造型面人机优化设计建议。吉林大学任金东^[6]通过选取一系列人机工程设计有关的人体尺寸统计数据,获得人体尺寸分布边界和人机工程设计的关键人体数据,建立了适合乘用车人机布置参数。结合 NSNA 零重力姿态角度及张程^[7]在研究文献中的补充,零重力人机布置参数角度定义如表2所示。张程经大量数据测试归纳总结,零重力座椅经过静态舒适性分析和动态舒适性评价,人机工程参数在表3设计范围内,人体最舒适。

设计座椅时,需要满足人机尺寸,合理的人机界面是保证座椅满足功能及舒适度的关键,是从生物机制到工程落地的科学实现。以下是零重力姿态人机界面构建的关键步骤(如图8)。

3. 材料与制造技术考虑

环保材料:坐垫与靠背采用聚氨酯发泡,柔软回弹,提供舒适感。面料选用亲肤可再生面料,兼具透气性与抗菌性。轻量化骨架:椅架为铝合金龙骨结构,强度高且重量降低30%。表面处理:椅身采用钢琴烤漆工艺,提升质感与耐用性。

4. 美学与情感化升华

自然意象融合:鲸鱼形态的流动线条赋予座椅“海洋雕塑”的艺术特质,非对称造型增强视觉动感。通过仿生设计传递“自然亲和力”,这种仿生座椅形态暗示鲸鱼的温润与力量感,提升用户心理舒适度,建立情感纽带。

三、设计实践

通过上述理论分析,座椅在功能上需要满足零重力姿态下人机界面关系,以保证其座椅的功能及舒适特征。在具体形态上,可以借助AIGC(计算机辅助创意生成)生成多个方案,并从中选取意向方案,进行进一步的数字化建模等工作。

(一) AIGC 辅助创意设计

本设计创意方案,在Mid-journey(一款智能AI绘画软件)中输入关键提示词“whale seat”得到如下几组方案,经过比较最后一组接近设计意图(如图9)。

(二) 设计说明

通过前期的设计调研分析和后期建模渲染绘制,确定了产品的最终设计方案(如图10)。座椅系统形态仿生源域来自鲸鱼——体态饱满,型面流畅具有天然的动态之美,是海洋里移动的雕塑。目标域是舒适性座椅,通过人—机—系统分析,满足人体生理特征,设计角度接近NBP的姿态(零重力姿态)可以实现静态座椅对乘坐人最优支撑姿态;源域与目标域的融合在完善功能性的同时增加美学性及情感纽带。考虑到目标市场用户为注重健康及生活质量的人群,因此在设计中考究座椅的细节处理,以突显产品的现代豪华及舒适感。坐垫及靠背选用可再生材料,环保健康,绿色设计;座椅骨架,轻量化合金龙骨;座椅外观表面采用钢琴烤漆,坐垫及靠背亲肤面料软包覆。结合未来的多种

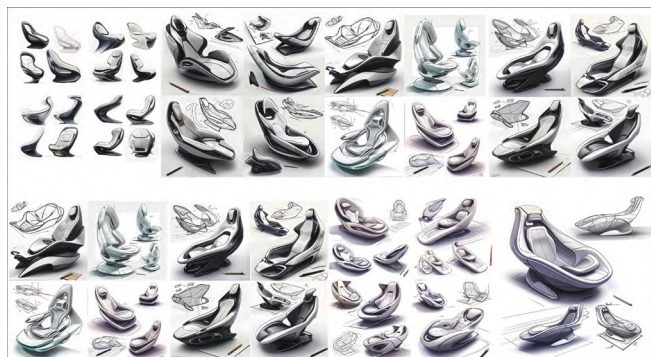


图9 AIGC 辅助创意生成 (来源: AIGC 绘制)



图10 三视图展示 (作者自制)



图11 色彩方案展示 (作者自制)

使用场景, 设计了多款颜色方案, 清新明快, 活力时尚, 旨在给乘坐者营造出舒适自然的氛围 (如图 11)。

(三) 设计验证

后期座椅验证会通过专家评价和问卷调查的方式获取该座椅设计的接受满意度, 邀请实验人员测试不同的座椅造型图, 通过眼动仪设备进行深入的造型研究和结论验证, 并通过主观评价及体压分布测试, 测试座椅舒适度。

(四) 方案展示及应用场景

本设计适用于以下场景: 公共空间: 主题馆、民宿、VIP 候车室, 提升空间美学与舒适度。家用场景: 结合按摩模块拓展为理疗座椅, 满足家庭健康需求。办公领域: 适配久坐人群, 预防职业性腰椎疾病。市场调研表明, 消费者对兼具功能性与艺术性的座椅需求增长显著, 预计该设计在高端家居与健康产业中具有广阔前景。

四、结论与展望

本研究通过鲸鱼形态仿生与零重力姿态理论的结合, 提出了一种创新性座椅设计方案。其核心优势在于将自然美学、人体工程学与环保理念深度融合, 解决了传统座椅的舒适性短板。

通过分析鲸鱼形态的生物学特征, 结合零重力姿态及人体工学原理, 可以设计出具有优异舒适性的仿生座椅。

该仿生学在产品设计中的应用实践不仅丰富了设计的内涵, 还为解决实际问题提供了新的思路和方法。

未来研究可以进一步探索以下方向: (一) 开发更智能的仿生座椅控制系统; (二) 研究不同人群的个性化需求; (三) 探索更多生物形态的仿生应用; (四) 结合人工智能和大数据分析, 实现更精准的舒适性评估。

参考文献:

- [1] 罗仕鉴, 张宇飞, 边泽, 等. 产品外形仿生设计研究现状与进展[J]. 机械工程学报, 2018 (21): 138-155.
- [2] 徐文佳. 腰椎间盘突出患者座椅舒适性设计研究[D]. 北京: 北京理工大学, 2016.
- [3] Zhang L, Helander M G, Drury C G. Identifying factors of comfort and discomfort in sitting[J]. Human Factors The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society, 1996 (3): 377-389.
- [4] 罗仕鉴, 李文杰. 产品族设计 DNA[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2016.
- [5] 李娟, 徐伯初. 基于人体压力分布的座椅形面优化设计[J]. 汽车工程, 2017 (12): 1457-1463.
- [6] 任金东, 陈景辉, 陆善彬, 等. 汽车人机工程设计中人体数据应用方法的研究[J]. 汽车工程, 2013 (6): 505-509.
- [7] 张程. 乘用车零重力座椅布置及优化设计[J]. 汽车文摘, 2023 (4): 35-39.

作者简介:

任国鹏, 上海工程技术大学艺术设计学院硕士研究生。研究方向: 产品造型艺术与应用实践。

高鹏, 博士, 上海工程技术大学艺术设计学院教授。研究方向: 载运工具及其数字座舱设计研究。

编辑: 姜闪闪