

# 智能背部按摩椅的结构设计

刘炜东, 宋明德, 徐望皓, 柳畅, 彭志超, 赵燕江  
哈尔滨理工大学 机械动力工程学院, 黑龙江 哈尔滨 150080  
DOI: 10.61369/TACS.2025140042

**摘 要 :** 现有背部按摩设备存在操作不便、捶打功能薄弱、体积庞大且价格高昂等问题, 难以满足用户对轻量化、高效化按摩设备的需求。本文提出了一种智能背部按摩椅的结构设计, 采用柔性敲击与振动相结合的按摩方式, 设计了竖直、水平、前后三自由度的机械结构, 通过滚珠丝杠、直线导轨、正反扣丝杠及气缸等传动部件, 分别实现按摩锤头的垂直往复、同步异向水平移动与柔性敲击动作, 配合五轮式可移动底座与气杆升降调节机构, 实现设备便携移动、高度适配及背部支撑贴合。该设计在保证对背部穴位精准按摩、功能多样化的前提下, 优化了整体结构布局, 有效缩小设备体积, 降低制造成本。经结构与功能规划, 验证了该按摩椅结构的合理性与可行性, 克服了传统按摩设备的诸多弊端, 提升了按摩体验与使用适配性。

**关 键 词 :** 智能背部按摩椅; 结构设计; 柔性敲击; 多自由度

## Structural Design of an Intelligent Back Massage Chair

Liu Weidong, Song Mingde, Xu Wanghao, Liu Chang, Peng Zhichao, Zhao Yanjiang

School of Mechanical and Power Engineering, Harbin University of Science and Technology, Harbin, Heilongjiang 150080

**Abstract :** Existing back massage equipment has problems such as inconvenient operation, weak beating function, large volume and high price, which are difficult to meet users' demands for lightweight and high-efficiency massage equipment. This paper proposes a structural design of an intelligent back massage chair, adopting a massage method combining flexible tapping and vibration, and designing a mechanical structure with three degrees of freedom in vertical, horizontal and front-back directions. Through transmission components such as ball screws, linear guide rails, left-right hand screws and air cylinders, the vertical reciprocation, synchronous opposite horizontal movement and flexible tapping of the massage hammer head are realized respectively. Cooperating with the five-wheel movable base and the air rod lifting adjustment mechanism, the equipment achieves portable movement, height adaptation and close fitting of back support. On the premise of ensuring precise massage on back acupoints and diversified functions, the design optimizes the overall structural layout, effectively reduces the equipment volume and manufacturing cost. Through structural design and functional planning, the rationality and feasibility of the massage chair structure are verified, which solves many drawbacks of traditional massage equipment and improves the massage experience and use adaptability.

**Keywords :** intelligent back massage chair; structural design; flexible tapping; multi-degree of freedom

## 引言

随着社会进步与生活水平的持续提升, 人们对健康管理的关注度日益增强, 对便捷、高效的理疗设备需求显著增长, 捶背通过刺激背部皮下组织与穴位, 能够促进血液循环, 达到缓解肌肉疲劳的效果<sup>[1-3]</sup>。然而, 现有的背部按摩设备普遍存在操作不便、负重感强等问题, 尽管已有多种按摩椅产品, 但其多以摩擦式按摩为主, 捶打功能薄弱, 且按摩椅普遍体积庞大、重量沉重、价格高昂<sup>[4]</sup>。因此针对按摩椅的结构进行传动优化设计<sup>[5]</sup>, 成为提升其综合性能的关键途径。

国内外在按摩机器人及智能理疗设备领域开展了大量研究。国外研究起步较早, 在机构创新与控制系统集成方面积累了丰富的经验。日本学者在仿生多指按摩机器人领域开展了系统研究, 提出了基于人体阻抗信息的自适应按摩控制策略, 实现了对揉捏、按压等手法的有效模拟<sup>[6]</sup>; 法国研发的 IYU 按摩机器人采用协作机械臂结合 3D 视觉技术, 能够根据患者体型自主调整按摩轨迹, 具备较高的安全性

作者简介:

刘炜东 (2004—), 男, 汉族, 籍贯黑龙江省富锦市, 哈尔滨理工大学在读本科生, 机械设计制造及其自动化专业。

赵燕江 (1979—), 男, 汉族, 籍贯黑龙江省木兰县, 哈尔滨理工大学, 教授, 博士生导师, 机械电子工程专业。

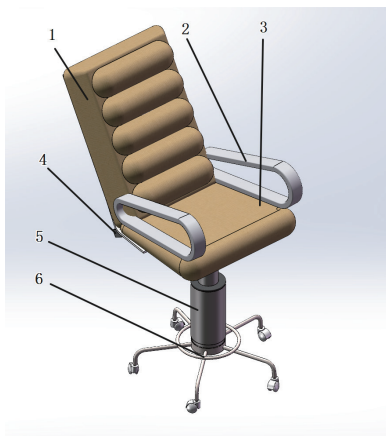
与适应性<sup>[7]</sup>；新加坡 AiTreat 设计的按摩机器人 EMMA，采用强化学习算法，可在完成 10~15 次治疗迭代步骤后，自主调整参数，让慢性腰痛患者疼痛评分的降幅由 28% 提升到 52%<sup>[8]</sup>。国内研究部分学者基于中医推拿理论，设计了多指模块化按摩手结构，通过动力学仿真与样机实验验证了其运动性能与结构合理性<sup>[9]</sup>；另有研究针对按摩椅机芯开展，设计了专用轨迹算法，并构建了基于脑电信号的按摩效果客观评价系统，弥补了传统主观评价的不足，为智能按摩椅的控制优化提供了技术支撑<sup>[10]</sup>。在人机交互与疲劳缓解方面，研究者探讨了坐姿状态下桌椅高度配置对人体久坐疲劳的影响，为智能按摩设备的姿态调节策略提供了理论依据<sup>[11]</sup>。总体而言，当前按摩椅研究在结构集成、手法模拟及人机适配方面取得了积极进展，但仍面临对轻量化、便携化设备的需求及个性化适配能力有限等挑战。

针对上述问题，本文提出了一种智能背部按摩椅的结构设计。该设计采用柔性敲击与振动相结合的按摩方式，旨在实现按摩功能的多样化与高效化。通过对按摩机构自由度、传动方案的系统设计，力求在保证按摩效果的前提下，显著缩小设备体积、降低制造成本。

## 一、智能背部按摩椅的总体设计

所设计智能背部按摩椅，如图 1 所示，其机械结构共有三个方向的自由度，主要分为三大模块，包括竖直移动模块、水平移动模块、前后移动模块，能够实现锤头在背部的全覆盖按摩。总体尺寸约为 560mm×480mm×1365mm，总重约为 42kg。

智能背部按摩椅基体采用五轮式可移动底座与气杆升降调节机构，配合柔性分段式背部靠垫，实现了移动便捷、高度可调及背部支撑贴合度优化等功能。五轮式底座提供了稳定支撑与灵活移动能力，气杆机构可无级调节座椅高度，适配不同身高用户的坐姿需求；柔性分段靠垫则能随人体背部轮廓自适应变形，有效分散压力、提升支撑贴合度，显著改善使用舒适性与人体工学适配性。



1. 按摩椅靠背 2. 按摩椅把手 3. 按摩椅下坐垫  
4. 按摩椅按摩装置 5. 按摩椅高度调节装置  
6. 按摩椅底座

图 1 按摩椅整体结构三维图

## 二、具体结构的设计与实现

### （一）竖直移动模块

智能按摩椅竖直移动模块是按摩执行机构的垂直位移核心载体，负责带动锤头沿垂直方向完成上下往复运动，实现背、腰等部位的按摩。该模块以滚珠丝杠为动力传动核心，配合双平行直线导轨完成导向与支撑，通过电机驱动实现旋转运动到直线运动的转化，整体由动力传动模块与导向支撑模块两部分构成，各单元协同工作，保障了该模块运行的可靠性。

（1）动力传动模块：本模块选用丝杠副作为核心传动部件，以滚珠滚动摩擦替代传统滑动丝

杠的滑动摩擦，降低传动阻力。根据按摩椅 800mm 垂直有效按摩行程与电机额定转速，选用导程为 5mm 的丝杠，既保证丝杠旋转一周实现 5mm 直线位移，满足精细定位需求，又避免运动速度过快影响按摩体验。

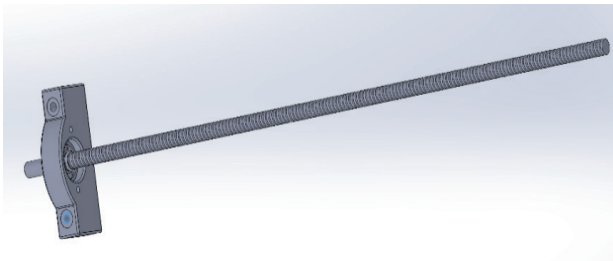


图 2 滚动轴承与丝杠组成的动力传动单元

（2）导向支撑模块：为保证按摩执行机构上下移动平稳，模块采用两根平行滚动直线导轨的导向支撑方案，如图 3 两根导轨对称布置于丝杠两侧并与其保持平行，形成稳定的结构，将按摩产生的倾覆力矩与侧向力均匀分散，避免单一导轨受力变形或磨损，保证移动平台直线度，使锤头始终贴合人体背部曲线。

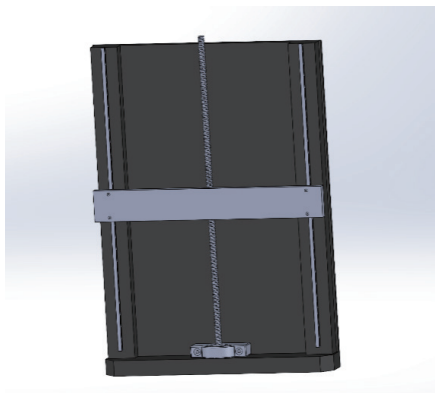


图 3 竖直移动模块三维图

导轨副由导轨、滑块、滚珠及保持架组成，滑块与按摩执行机构安装平台固联，导轨通过螺栓固定于按摩椅机架，滑块可沿导轨做直线运动。其低摩擦系数与滚珠丝杠副配合，大幅降低模块运行阻力，减少电机功率损耗；经预紧处理的导轨副消除了导轨与滑块间的间隙，避免按摩载荷变化引发的平台抖动，提升按摩稳定性。单根导轨配置两个滑块，通过四点支撑提升安装平台刚性及稳定性。

## （二）水平移动模块

水平移动模块采用正反扣丝杠传动结构，可驱动两个锤头实现同步异向运动，既能同时向两侧分离移动，完成对按摩部位两侧的同时敲击，也可同步向中间合拢运动，从而实现双侧对称式按摩功能，保证按摩动作的均衡性与对称性，选用导程5mm的丝杠，左右锤头水平移动距离均为270mm。

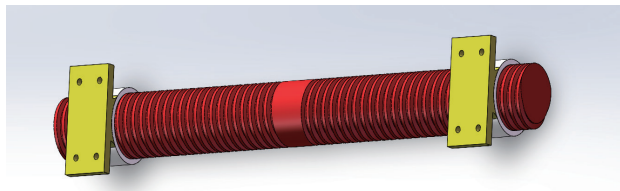


图4 水平移动模块三维图

## （三）敲击模块

智能按摩椅的敲击模块是实现按摩功能的执行机构，区别于市场上现有的机械按摩方式，按摩椅利用小锤实现敲击按摩功能，以避免固体部件长时间摩擦皮肤造成的灼痛感。同时利用气缸驱动小锤往复移动，在狭小的空间内实现敲击按摩功能。

（1）动力传动模块：本模块选用小气缸作为动力的产生单元，根据按摩椅的背部尺寸、按摩力度，以及小锤往复行程，可以确定气缸的具体尺寸为32mm×15mm，如图5所示，满足使用需求。

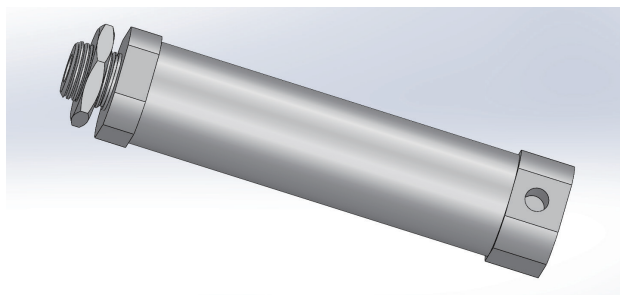


图5 气缸结构图

（2）功能执行模块：本模块选用刚性杆和柔性锤头作为按摩功能的执行单元，刚性杆与气缸相连接收动力，柔性锤头输出稳定的力度，以保证按摩的舒适度。由此可以确定该结构的尺寸为刚性杆12mm×60mm，柔性锤头20mm，总体结构如图6所示。

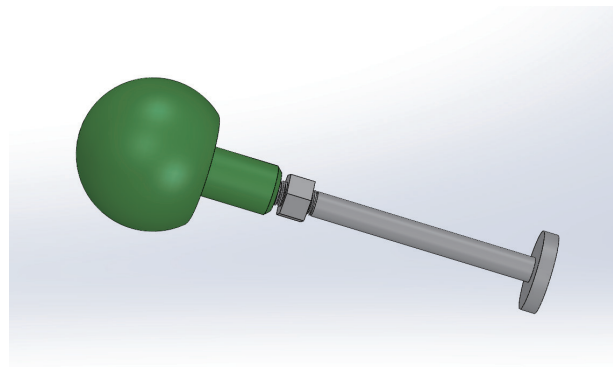


图6 小锤敲击模块三维图

## 三、结论

针对目前市场上现有的智能按摩椅存在的按摩方式单一、体积较大且沉重、价格高昂、长时间按摩导致身体不适的不足，本文设计了一种新型的智能背部按摩椅。该按摩椅集成了竖直移动、水平移动、敲击三大功能模块，打破传统的按摩方式，能够实现对背部穴位的精准定位和柔性敲击。同时重新设计按摩椅的外形，使其在达到预定目标的同时尽量减小体积和重量。

相较于传统智能按摩椅，本文的创新设计弥补了上述的不足之处，显著提升了按摩的体验，为智能按摩椅的创新发展提供了新思路。在未来的工作中，智能按摩椅可进一步结合3D视觉与穴位识别，动态计算穴位坐标，实现动态敲击；同时可与AI大模型深度融合，智能分析身体状态，推荐最适合的按摩方案，为用户提供最佳体验。

## 参考文献

- [1] 杨扬. 浅析按摩对运动性疲劳恢复的功效率研究[J]. 文体用品与科技, 2021, (23): 78-79.
- [2] 邱显雯. 经络不通气血不畅出现头痛中医自我按摩疗法缓解头痛[J]. 自我保健, 2025, (01): 68-69.
- [3] 腰背部家庭保健按摩法[N]. 医药导报, 2008-03-06 (B11).
- [4] 刘浏. 森林康养视角下的适老性按摩椅设计研究[D]. 浙江农林大学, 2023. DOI:10.27756/d.cnki.gzjlx.2023.000338.
- [5] 何武林. 主从操作按摩系统关键技术研究[D]. 辽宁工程技术大学, 2022. DOI:10.27210/d.cnki.glnju.2022.000870.
- [6] 余可, 宁萌, 黄彪, 等. 基于中医推拿的新型按摩手的设计与研究[J]. 机械设计与研究, 2021, 37 (03): 22-28. DOI:10.13952/j.cnki.jofmdr.2021.0089.
- [7] 孙晨飞, 唐心意, 石萍, 等. 国内外按摩机器人研究进展及关键技术分析[J]. 生物医学工程研究, 2024, 43 (02): 166-174. DOI:10.19529/j.cnki.1672-6278.2024.02.12.
- [8] Juan Y, T I C, C S F, et al. Satisfaction and Feasibility Evaluation of an Electronic Massager—Expert Manipulative Massage Automation (EMMA): A Pilot Study. [J]. Journal of primary care & community health, 2023, 14 21501319231199010-21501319231199010. DOI:10.1177/21501319231199010.
- [9] 彭金婵, 陆春晨, 李彦博, 等. 仿生柔性按摩机器人的设计与实现[J]. 中国民间疗法, 2022, 30 (24): 146-149. DOI:10.19621/j.cnki.11-3555/r.2022.2439.
- [10] 李嘉伟. 按摩椅智能机芯控制与评价系统研究[D]. 东南大学, 2020. DOI:10.27014/d.cnki.gdnau.2020.000916.
- [11] 庞双, 申黎明, 汪洋. 办公桌椅高度配置对久坐疲劳的影响[J]. 林产工业, 2025, 62 (01): 53-59. DOI:10.19531/j.issn1001-5299.202501009.