

电动拍打按摩器结构设计及定时控制研究

张璐, 郑菲*

辽宁科技大学机械工程与自动化学院, 辽宁 鞍山

收稿日期: 2026年3月17日; 录用日期: 2026年4月7日; 发布日期: 2026年4月21日

摘要

现代社会生活节奏加快, 亚健康人群规模持续扩大。设计一款电动拍打按摩器, 采用腰带式便携结构, 集成棘轮盘棘爪定位机构、电动摇臂拍打机构与可调节式硅胶锤头拍打杆, 提供实现拍打按摩功能, 360°自由调节。该按摩器通过机械结构的协同作用与以STM32为核心的智能控制系统, 实现了可定时控制、可自动关机与可多模式拍打按摩功能, 使拍打按摩动作自动化、节律化、连续化且具备良好的用户可调节性, 适用于家庭、办公、户外等多种场景。

关键词

电动拍打按摩器, 结构设计, 定时控制

Research on the Structural Design and Timer Control of Electric Tapping Massage Devices

Lu Zhang, Fei Zheng*

School of Mechanical Engineering & Automation, University of Science and Technology Liaoning, Anshan Liaoning

Received: March 17, 2026; accepted: April 7, 2026; published: April 21, 2026

Abstract

With the accelerating pace of modern life, the population suffering from suboptimal health continues to expand. A portable electric tapping massage device is designed with a waistband-style structure, integrating a ratchet disc and pawl positioning mechanism, an electric rocker arm tapping mechanism, and an adjustable silicone hammer head tapping rod to achieve tapping massage functions and

*通讯作者。

360° free adjustment. Through the coordinated action of mechanical structures and an intelligent control system centered on STM32, this device enables timed control, automatic shutdown, and multi-mode tapping massage functions. The tapping massage actions are automated, rhythmic, continuous, and offer excellent user adjustability, making it suitable for various scenarios such as home, office, and outdoor use.

Keywords

Electric Tapping Massager, Structural Design, Timer Control

Copyright © 2026 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

现代社会,人们的生活和工作节奏都很快,长期的生活工作紧张,思想焦虑,精神压力增大,极易使人产生头昏脑胀、四肢酸痛、疲劳乏力的现象,人们进入了亚健康状态。拍打健身法经常是徒手对身体的一些穴位进行拍打,偶尔也使用一些简单的工具进行操作。本研究针对传统拍打方式的不足,设计一款定时控制、自动化拍打、多角度调节的电动拍打按摩器,该设备通过机械结构的创新设计,单片机提供定时控制,实现拍打按摩的省力化、标准化与便携化。

2. 发展现状

按摩器械的发展始终围绕着按摩体验的优化、操作的便捷性提升逐步推进,从最初的手动工具逐步向电动化、可穿戴化升级,现阶段各类技术路径的产品各有特点,也仍存在相应的技术短板,以下从传统器械、电动设备、时间控制可穿戴设备三个维度梳理行业发展现状。

2.1. 传统按摩器械的发展

传统按摩器械以手动按摩工具为核心,按摩锤、拍打板、木质按摩棒等产品凭借结构简单、制作成本低、无需外部能源、便携性强等特点,在日常养生保健场景中应用广泛。用户可根据自身感受灵活调整按摩部位,满足基础肌肉放松与拍打养生需求。蒋连文详细描述了一种传统木质按摩棒的结构并强调了其在促进淋巴回流、缓解肌肉痉挛方面的作用[1]。该研究体现了传统手动工具在形态设计与基础手法上的经验积累,但也暴露出完全依赖人工操作、无法精准定位与调节、缺乏实证数据支持等固有限制,进一步印证了传统手动工具在持久性、标准化与个性化方面的不足。

2.2. 电动按摩设备的技术演进

随着电机技术与机械传动设计的发展,按摩器械逐步进入电动化阶段,通过动力驱动替代人工操作,有效解决了传统手动工具的核心痛点,形成了振动式与拍打式两大主流技术路径。振动式按摩器以筋膜枪、电动按摩棒、振动按摩垫为典型代表,核心依托“电机 + 偏心轮”的结构设计。拍打式按摩器通过“电机 + 传动机构”实现自动化拍打动作,已形成手持电动拍打锤、壁挂式拍打按摩器等产品形态。该类设备通过机械结构模拟人工拍打,频率稳定且力度可通过电机功率调节,部分产品采用硅胶、海绵等柔性锤头,减少硬冲击损伤,提升舒适度。

张敏基于双输出无级变速器原理,设计了一种采用曲柄摇杆与超越离合器组合的脉动调速机构,实

现了按摩时间、速度与频率的可调,并模拟人手按摩的节奏变化,但其结构较为复杂,未涉及穿戴适配、力度精确控制及实际应用验证[2]。针对按摩椅力度控制难题,沈凯淋基于模糊控制算法设计了按摩力度仿真系统,验证了其在响应速度与稳态精度上优于传统PID控制,但该研究侧重于仿真验证与固定式样机设计,未解决可穿戴场景下的便携性、人体适配与动态调节问题[3]。

值得注意的是,电动按摩技术也广泛应用于固定安装的公共健身器材领域。刘春媛等人针对中老年人群,运用Kano-TRIZ集成方法对户外腰背按摩器进行需求分析与设计优化[4],成果聚焦于提升公共器材的易用性、稳固性与可调节性,但未解决产品的便携化与个人专属使用问题。

2.3. 时间控制可穿戴式按摩设备的研究现状

为解决传统电动按摩设备便携性不足、操作受限的问题,时间控制可穿戴式按摩设备成为行业重要发展方向。吴晓东等人实现了针对腹部的多模式、多档位顺序肠道按摩,并验证了输出力与变形量的有效性,但系统复杂性限制了便携性与成本,且功能集中于单一部位[5]。张小平结合人机工程学优化智能颈肩按摩器设计[6];王豪倩针对年轻人群颈椎健康问题,融合传统揉捏/锤击手法、温灸与磁疗原理,并集成蓝牙音箱实现身心同步放松,体现了专用型按摩器在功能集成与用户体验方面的探索[7],并融入时间控制内容。张濛设计了仿中医捏拿按摩器,但研究局限于典型人体尺寸,未考虑个体差异,且齿轮啮合存在冲击,缺乏样机实验[8]。史丽侠等人将按摩椅原理移植至鞋底,通过链传动与凸轮机构实现坐姿状态下的电动足底按摩,但结构复杂、传动能耗较高,且未充分验证长期穿戴舒适性与行走适应性[9]。

综上所述,现有技术未能良好解决可穿戴形式下,拍打动作的稳定性、定位的灵活精准性与佩戴舒适性三者统一的难题,为本研究提供了明确的创新切入点。

为了更直观地对比本研究与其他研究的差异,表1列出了本设计与其他设计者提出的按摩机构差异的详细对比。

Table 1. Comparative analysis of the proposed design and existing massage mechanisms

表 1. 本设计与其他按摩器对比

对比维度	本研究	张敏(2007)电动按摩机构	妙界肩颈按摩仪(R3/R9 系列)
调节自由度	多自由度主动调节: 水平 360°无级旋转(棘轮-棘爪自锁) 垂直长度连续调节(螺纹套管) 用户可自主对准穴位,适应不同体型	单一自由度	有限调节: 3 档力度调节 5 种模式切换 佩戴方式调节(手拉/肩带/背靠) 但按摩头位置固定,无法主动对准穴位
控制方式	智能电子控制: STM32 单片机 定时设置(10/20/30 分钟) 多模式切换(舒缓/节奏/强拍) 自动关机 + 蜂鸣提示 + LED 显示	纯机械控制	智能电子控制: 按键式操作 语音播报 5 种模式切换 部分型号支持智能体感交互
便携性	腰带式可穿戴设计	固定式结构	无线便携: 电池供电,无线使用 重量约 1.1 kg 穿戴式设计,解放双手
智能化程度	高,支持多模式调节,时间控制	低,依赖机械调速	高:商用产品成熟,模式丰富、语音交互、部分型号智能感应
人体适配性	主动适配: 用户可 360°旋转拍打方向 可调节拍打杆长度控制力度与深度 实现个性化、精准穴位按摩	未考虑人体曲线	通用适配: 肩带式设计适应不同体型 多部位通用(颈/肩/背/腰/腿)但按摩头位置固定,用户被动接受按摩

3. 电动拍打按摩器设计研究

3.1. 结构设计

3.1.1. 整体机械架构

电动拍打按摩器以可穿戴、稳定运行为核心目标,采用层次分明的模块化设计,如图1。系统基础为皮质腰带固定系统,具备韧性与强度,两端设挂钩与多排调节开口,实现快速穿戴与个性化周长调节,确保主机在腰腹部稳固贴合。主机采用三层结构:底层为铆接固定于腰带的底板,构成安装基础;中间层为承载运动部件的安装板,通过棘轮机构与底板连接,实现水平方向自由旋转;最外层为防护盒盖,通过螺钉与安装板固定,形成完整封闭式单元。该架构实现了功能集成与维护便捷性的统一,为拍打作业提供可靠支撑。



Figure 1. Overall structure diagram of the electric massage pounding device
图1. 电动拍打按摩器整体结构示意图

3.1.2. 多自由度调节机构

为实现对人体背部及腰部不同穴位的精准覆盖,本设计创新性地集成了两个独立的自由度调节机构。在水平方向,采用了棘轮盘 360° 单向定位机构。安装板通过中央转轴与底板上的棘轮盘连接,用户可手动旋转主机以调整拍打方位。一个由弹簧压紧的棘爪嵌入棘轮齿槽,实现了旋转角度的无级调节与任意位置的可靠自锁,确保拍打方向可精确对准目标区域。在垂直方向,则依赖于螺纹套管长度调节机构。拍打杆由带外螺纹的杆体与套管通过螺纹副连接,旋转套管即可连续改变拍打杆的伸出长度,从而调整锤头的有效作用力臂与拍打深度,调整后由锁紧螺母紧固,实现了拍打力度与触及范围的自适应调节。这两个机构的协同工作,赋予了按摩器在二维空间内的灵活定位能力。

3.1.3. 往复式拍打执行机构

拍打动作通过曲柄摇杆机构实现,如图2。微型直流减速电机带动偏心摇臂旋转,定时、周期性地压下拍打杆根部的横杆,将电机转动转化为拍打杆的往复摆动。拍打杆通过活动支架铰接在安装板上,并由拉伸弹簧提供回复力,使锤头在拍打后迅速复位,形成持续、稳定、时间可控的拍打节律。锤头采用中空硅胶囊结构,内部气室与硅胶弹性体共同起到缓冲作用,有效吸收冲击、柔化触感,模拟人工拍打的舒适效果。

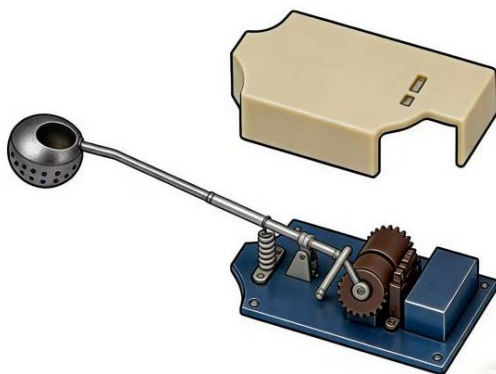


Figure 2. Diagram of the internal structure of the electric massage pounding device
图 2. 拍打按摩器的内部结构示意图

3.2. 定时控制系统

拍打按摩器时间控制系统以单片机加定时器为核心, 配合输入输出、显示与执行机构, 实现定时设置、倒计时与到点停止, 设计可分为硬件、软件与控制逻辑三部分。

(1) 核心硬件设计

主控单元: 选用 STM32 单片机, 提供定时中断与逻辑控制。

计时模块: 内部定时器, STM32 的 TIM2 或 TIM3 做基准, 确保精准时间。

输入模块: 按键设置时长, 常见 10 分钟、20 分钟或 30 分钟, 支持中途启停与加时。

显示模块: 选择 LED 数码管显示剩余时间与状态。

执行与提示: 电机驱动, 选择 L298N 或 ULN2003, 与继电器耦合, 蜂鸣器和 LED 做时间到提醒。

(2) 软件设计

初始化: 外设(GPIO, TIM, UART)、时钟、定时器初值、显示清屏。

时间设置: 检测按键并通过 APP 下指令, 设定时长(如 10 分钟 = 600,000 ms), 存入变量。

倒计时实现: 定时器中断提醒, 如 5 ms 一次, 累计到 1 秒到 1 分钟则更新剩余时间; 到 0 触发停止提醒。

状态控制: 运行中实时显示剩余时间, 可以手动操作停止或加时, 到点切断电机, 蜂鸣器或指示灯提示。

3.3. 时间可控多模式拍打逻辑

为满足用户差异化需求, 系统设计了三种可切换的拍打模式: (1) 舒缓模式: 低占空比 PWM 驱动电机, 拍打力度轻柔、频率较慢, 适用于放松; (2) 节奏模式: 中等占空比与特定频率的 PWM 组合, 模拟有节奏的人工拍打; (3) 强拍模式: 高占空比 PWM 驱动, 拍打力度强、频率快, 适用于深层肌肉刺激。

4. 核心功能特性与创新点分析

基于前述结构设计与工作原理, 本章从功能实现角度系统分析该电动拍打按摩器的核心特性与创新价值, 重点阐述其相对于传统人工拍打方式的技术优势。

4.1. 基于机械传动的自动化与省力特性

替代人工施力是本设计的首要目标。系统通过机电传动闭环实现能量转换: 微型直流减速电机将电能转化为机械能, 经偏心摇臂与横杆组成的曲柄摇杆机构, 转换为拍打杆的间歇下摆运动; 拉伸弹簧储

存并释放弹性势能, 驱动拍打杆快速复位, 形成周期性往复摆动。

4.2. 多自由度可调定位的精准适配能力

为实现对不同穴位的精准覆盖, 本设计集成了水平与垂直两自由度调节机构。水平方向采用棘轮盘-棘爪机构, 棘轮盘可绕垂直轴 360° 旋转, 通过弹簧压紧的棘爪实现单向无级定位与机械自锁, 便于将拍打方向对准腰背部等目标肌群。垂直方向通过外螺纹杆体与套管的螺旋副调节拍打杆长度, 并采用锁紧螺母与弹垫进行紧固, 从而适应不同用户体型与穴位深度。两自由度协同工作, 实现了拍打位置在二维空间内的灵活、稳定调节, 提升了设备的通用性与个性化适配能力。

4.3. 人机工程学与便携性设计

本设计从固定方式与供电方案两方面优化人机交互。可穿戴固定设计, 皮质腰带配合挂钩与多排调节开口, 形成快速穿戴、稳固贴合的固定方案, 支持站立、坐姿等多种场景。

4.4. 末端执行器的柔性缓冲与舒适性优化

末端执行器采用中空硅胶囊锤头, 通过材料特性与结构设计的协同作用优化人机交互界面。硅胶弹性体与内部气室构成复合缓冲系统: 拍击瞬间, 材料变形与空气阻尼共同吸收冲击能量, 滤除高频振动成分, 将刚性机械冲击转化为柔和渗透的力学刺激。该设计在提升舒适度的同时, 避免了硬质锤头可能造成的局部组织损伤风险, 实现了安全性与体验感的统一。

5. 存在的不足与改进方向

本研究设计的电动按摩拍打器在实际应用中仍存在一定不足, 值得后续研究进一步优化:

在整机重量方面, 主机采用金属底板, 提升了运行稳定性, 但导致整机质量较大, 可能影响长时间佩戴的舒适性。后续可采用铝合金、碳纤维等轻质高强度材料进行减重设计, 或者进行拓扑优化进行轻量化设计, 在保证结构强度的同时提升便携性。

在运行噪音方面, 电机驱动与曲柄摇杆机构在高速运行时会产生噪音, 在强拍模式下最明显, 这种噪音可能影响用户在安静环境下的使用体验。未来将改进传动结构, 使用静音轴承、减震垫或者无刷电机来降低运行噪声。

在电池续航方面, 当前设计未对电池容量与功耗进行详细测算与匹配, 续航能力尚不明确。后续可结合低功耗单片机与 PWM 驱动策略, 进一步降低系统能耗, 提升使用的便捷性与连续性。

在控制精度方面, 本控制系统为开环控制, 无法实时感知拍打力度与用户响应, 无法实现真正意义上的自适应调节。未来将引入压力传感器与闭环控制算法, 实现拍打力度的动态调节, 提升智能化水平与用户体验。

6. 总结

随着现代生活节奏加快, 亚健康问题日益普遍, 而传统拍打按摩在体力消耗、精准度与持续性方面存在局限。针对此问题, 本研究创新设计了一款可穿戴式电动拍打按摩器。该设备引入了基于 STM32 的智能控制系统, 采用腰带式结构, 集成棘轮-棘爪水平定位机构和螺纹套管垂直长度调节机构, 通过微型直流减速电机驱动曲柄摇杆与弹簧复位系统, 实现柔性中空硅胶囊锤头的定时可控、周期可调、往复拍打。实际使用表明, 该设备可解放双手, 实现方位与力度的精准、个性化调节, 在操作便捷性、覆盖范围、力度均匀性和使用舒适性方面均显著优于传统人工拍打。本成果为个人保健领域提供了一种高效便捷的自动拍打按摩方案, 对便携式理疗设备发展具有参考意义。

参考文献

- [1] 蒋连文. 介绍一种按摩工具——按摩棒[J]. 体育与科学, 1986(5): 50.
- [2] 张敏. 一种新型的电动按摩机构[J]. 河海大学常州分校学报, 2007(2): 36-38.
- [3] 沈凯淋. 坐式电动按摩椅研究[D]: [硕士学位论文]. 杭州: 中国计量学院, 2015.
- [4] 刘春媛, 赵敏. 基于 Kano-TRIZ 的中老年户外腰背按摩器设计研究[J]. 包装工程, 2024, 45(8): 90-95, 120.
- [5] 吴晓东, 刘洋, 邓华送, 等. 基于波纹管的腹部按摩装置研究[J]. 机械工程师, 2026(2): 5-9.
- [6] 张小平, 刘小娜. 智能颈肩按摩器造型设计[J]. 机械设计, 2018, 35(7): 130.
- [7] 王豪倩, 史银豪, 赵田, 等. 颈部按摩减压器开发设计[J]. 智库时代, 2019(19): 236, 240.
- [8] 张濛. 捏拿式颈椎肩部按摩器三维设计研究[D]: [硕士学位论文]. 马鞍山: 安徽工业大学, 2019.
- [9] 史丽侠, 邵志达. 多功能按摩鞋底结构的设计与开发[J]. 中国皮革, 2016, 45(5): 57-60.