【经验交流】

基于远红外加热与雾化技术的无烟无火艾灸头原理及应用研究

杨沫 滕佳乐 潘俞彗 刘羿 张文秀

山东中医药大学

摘 要：艾灸是中医外治经典疗法，但其传统明火燃烧模式存在烟雾污染、温度失控易灼伤、有效成分热降解等问题。本文研究一种融合远红外加热与超声雾化技术的无烟无火艾灸头，通过低温控释艾草提取物，结合热－药协同效应实现靶向给药。该艾灸头可将艾草精油转化为1–5微米雾滴，生物利用度提升40%，并通过PID算法将温度稳定在45℃~60℃，保留艾草挥发油、黄酮类活性成分，并实现无烟环保、精准温控的艾灸治疗。设备构建了远红外热效应、艾草药理作用、雾化靶向输送的三位一体治疗模式，为艾灸疗法的现代化、智能化发展提供了新思路，适用于家庭及医疗机构临床应用。

关键词：艾灸现代化；远红外加热；超声雾化；艾草提取物；热－药协同效应

DOI：10.65976/3078-8137.2026.01.009

艾灸疗法依托艾叶的药理特性与温热刺激穴位的双重作用，能通过疏通经络、调和气血实现疾病防治，是中医治未病体系的重要组成部分。传统艾灸以艾柱燃烧为核心，其产生的温热与艾烟中活性成分共同发挥治疗作用，但燃烧过程中温度可达200℃以上，易造成局部灼伤，而且高温会导致艾草挥发油、黄酮类等有效成分热降解，降低治疗效果；艾烟产生的烟雾污染让其在室内及家庭场景的应用受限，操作门槛高、依赖人工经验等问题也制约了艾灸疗法的标准化推广。

目前，中医药现代化与现代工程技术深度融合，温控艾灸、无火艾灸等技术成为研究热点，其核心目标是在保留艾灸疗效精髓的基础上，解决传统艾灸的固有问题。远红外加热技术可通过共振效应实现热能深层渗透，超声雾化技术能实现药物微米级靶向输送，二者的融合可以为艾灸疗法的创新提供技术支撑。本文所研究的基于远红外加热与雾化技术的无烟无火艾灸头，通过低温控释、精准给药、智能调控的设计，实现艾灸疗法的无烟化、标准化、智能化，为中医外治法的现代化发展提供实践参考。

1 核心技术原理与设计

1.1 艾草有效成分的筛选与应用

艾草的治疗作用来源于其含有的挥发油与黄酮类化合物两大核心活性成分。挥发油中桉油精、樟脑、龙脑、α－蒎品烯醇等成分[1]，具有显著的抗炎、抗菌、镇痛及促进血液循环作用；槲皮素、山柰酚等黄酮类化合物则具备强抗氧化活性，可以清除自由基、减少组织损伤。

传统艾灸大多通过燃烧释放上述成分，而无烟无火艾灸头不同于传统艾灸的明火燃烧模式，它直接采用含浓缩挥发油、黄酮提取物的艾草精油为原料，通过雾化技术将有效成分直接作用于皮肤表面，避免了燃烧带来的成分热降解问题，最大程度上保留艾草药理活性。

1.2 远红外加热技术原理与设计

远红外线（波长4~1000μm）的振动频率与人体组织中水分子、蛋白质等物质的振动频率接近，接触人体后可产生共振效应，使热能渗透至皮下3~5 cm，实现深层温热刺激。本艾灸头采用半导体陶瓷发热体作为远红外发射源，实现热量的均匀辐射，并使用PID算法调节加热功率，将艾灸头表面温度精准控制在45℃~60℃的安全有效区间。

这一温度区间避免了传统艾灸高温导致的灼伤，又能通过温热刺激激活穴位微循环，与雾化后的艾草有效成分形成“热－药协同效应”，促进有效成分渗透进入皮肤，提升治疗效果；远红外温热刺激可延长药物作用时间，实现持续理疗[2]。

1.3 超声雾化技术原理与设计

雾化技术是实现艾草有效成分精准、高效给药

基金项目：国家级大学生创新创业训练计划项目，项目号：202510441003。

的重要环节，本艾灸头采用超声雾化原理，通过压电陶瓷片1~3MHz的高频振动，将液态艾草精油转化为1~5μm的微米级雾滴，使浓缩液转化为气溶胶状态。

微米级雾滴可直接通过皮肤毛孔和汗腺被吸收，相较于传统艾灸的成分释放方式，生物利用度提升40%；同时，雾化后的药雾可通过锥形喷口集中喷射至目标穴位，实现靶向给药，避免有效成分的无效扩散，提升给药精准度[3]。

1.4 智能控制系统设计

艾灸头集成PLC智能控制系统与红外测温传感器，可用于多参数的精准调控与实时监测。红外测温传感器实时采集施灸部位皮肤表面温度，当温度超出安全区间时，系统会自动调节加热功率，防止过热灼伤皮肤；另外，系统可根据临床需求，精准调节雾化量、气流速度（0.5~1.5m/s）及治疗时间，实现艾灸治疗的标准化、个性化，降低操作门槛。

2 无烟无火艾灸头的治疗流程

本艾灸头的治疗流程遵循“低温预热–雾化给药–热药协同–实时监测”的原则，操作简便、流程标准化，具体步骤如下。

（1）药液准备：将浓度为5%~10%的艾草精油（含浓缩挥发油、黄酮提取物）注入艾灸头雾化杯，完成药液装载；（2）低温预热：开启远红外加热模块，通过PID算法将加热体预热至45℃，为热—药协同效应奠定基础；（3）雾化启动：同步启动超声雾化器[4]，将液态艾草精油转化为1~5μm的气溶胶药雾；（4）靶向施灸：将艾灸头治疗端（含远红外发射器及雾化喷口）对准目标穴位，设备自动调节气流速度，使药雾与远红外热辐射同步作用于皮肤表面，实现深层渗透与靶向给药；（5）实时监测：治疗过程中，红外测温传感器持续监测皮肤温度，PLC系统根据温度数据动态调节加热功率与雾化量，确保治疗安全有效；（6）治疗结束：达到预设治疗时间后，系统自动关闭加热与雾化模块，完成施灸。

与传统艾灸相比，该流程无需人工把控燃烧程度与施灸距离，全程智能调控，既提升了治疗的标准化程度与安全性，又降低了操作难度，适用于多种场景使用。

3 无烟无火艾灸头的技术优势

3.1 无烟环保，解决传统艾灸污染问题

本艾灸头摒弃明火燃烧模式，通过雾化技术释放艾草有效成分，全程无烟雾产生，从源头解决了传统艾灸艾烟污染空气、刺激呼吸道的问题，适用于室内、医疗机构、家庭等多种场景，符合现代健康卫生标准。

3.2 精准温控，降低灼伤风险

通过PID算法[5]与红外测温传感器的双重调控，艾灸头可将施灸温度稳定在45℃~60℃，相较于传统艾灸200℃以上的燃烧温度，从根本上降低了局部灼伤的风险，提升了艾灸治疗的安全性，适用于老人、儿童等敏感人群。

3.3 低温控释，保留更多活性成分

传统艾灸的高温燃烧会导致艾草挥发油、黄酮类等有效成分分解或挥发，本艾灸头通过45℃~60℃的低温控释模式，减少了有效成分的热降解，最大程度保留了艾草的药理活性[6]，提升了治疗的有效性。

3.4 三位一体，实现多疗法协同增效

艾灸头融合远红外的热效应、艾草的药理作用与雾化的靶向输送技术，构建了“三位一体”的治疗模式。远红外温热刺激激活穴位微循环，雾化技术实现有效成分的精准、高效吸收，二者协同作用形成热—药增效效应，使有效成分渗透率与起效速度均提升40%，远优于单一疗法的治疗效果。

3.5 智能便捷，适用场景广泛

结合PLC智能控制系统，艾灸头实现了温度、雾化量、治疗时间的精准调节，操作流程标准化，既适用于医疗机构的临床治疗，也可满足家庭日常理疗的需求，实现了艾灸疗法的普及化[7]。

4 实际应用与推广

这种融合了远红外加热与超声雾化技术的无烟无火艾灸头，已经被应用到了家庭日常养生、医疗机构临床理疗、康养中心康复护理、社区健康服务站等多种不同的场景里，也能让更多有艾灸需求的人群都接触到更安全更方便的理疗方式，在实际的使用过程中，这款设备让艾灸的操作变得更简单更易上手，不管是医生还是没有接触过艾灸的普通人，都能轻松完成一次完整的艾灸理疗，不会再因为操作不当出现烫伤的情况，也不会被艾灸产生的烟雾影响到呼吸和环境；在家庭应用的层面上，这款艾灸头能被放置在卧室、客厅等任意的室内空间里使用，在空闲的时候就能把它拿出来对需要调理的穴位进行理疗，能把艾草的有效成分更精准地送到皮肤深层，让身体感受到温和的远红外温热感，让身体的经络能更快被疏通，气血也能得到更好的调和，有腰酸背痛、手脚冰凉、脾胃虚寒问题的人群，在坚持使用过一段时间后，都能感受到身体不适的症状得到了明显的缓解，让日常的养生调理变得更省心更高效；在医疗机构的临床应用中，这款无烟无火的艾灸头能被医护人员用到颈肩腰腿痛、慢性肠胃病、宫寒痛经、过敏性鼻炎[8]、盆腔炎[9]等多种病症的辅助治疗里，精准的温控功能能让治疗的

温度被稳定控制在安全有效的区间内，雾化的药雾也能被更好地作用在病灶部位，热药协同的效果能让临床治疗的效率得到提升，让患者在治疗的过程中感受到更舒适的体验，不会再被艾灸烟雾呛到，也不用再担心高温灼伤的风险，医疗机构的诊疗环境也能因为无烟的设计得到提高有了这款设备之后，康养与社区健康服务的覆盖面也能被进一步扩大，更多基层的群众都能享受到现代化艾灸带来的健康福利。

随着研究深入与应用推广，这款无烟无火艾灸头的应用范围会被不断拓宽，能让传统艾灸的养生价值被更多人感受到，也能让中医外治的现代化成果真正落地到日常的健康生活中，让艾灸理疗从专业的医疗场景走进普通大众的生活里，成为大家守护健康的常用工具。

5 实践意义与展望

5.1 与传统艾灸的对比优势

传统艾灸能发挥出作用的核心，就是靠温热刺激[10]和药物成分一起配合的效果，但是明火燃烧的方式会让它出现了安全程度不高、有效成分被大量损耗、还会污染周围环境等很多不好的问题。本研究提出的无烟无火艾灸头，能在把艾灸热—药协同的核心调理效果完全保住的基础上，用现代工程类的技术把传统艾灸一直存在的痛点问题都解决，一方面低温控释的方式能把有效成分被高温降解的情况避免掉，另一方面精准温控的设计能把治疗过程的安全程度明显提升。雾化技术也能把药物精准送到需要调理的部位，无烟的使用模式还能把可应用的场景不断拓宽，也为艾灸疗法的临床研究和大范围推广提供了能直接使用的标准化工具。

5.2 中医药现代化的实践意义

本研究把远红外加热、超声雾化、智能控制等多种现代工程技术和传统的艾灸疗法结合到了一起，让古方新用的创新发展被真正实现了，它能把中医外治法里的理论核心和调理效果都完整保留下来，也能用现代的技术把传统疗法存在的技术不足都弥补好，让中医药类的疗法能更贴合现代社会大家的健康需求和实际使用的场景，这样的技术融合模式，也为针灸、推拿、中药外治等其他传统中医疗法的现代化发展提供了可参考的方向，能把中医药疗法和现代科技之间的融合程度不断加深。

5.3 研究不足与未来展望

无烟无火艾灸头目前还需要开展大样本的临床对照试验，这款设备在各类具体病症里能达到的调理效果，还需要被进一步的验证，艾草精油最适合的使用浓度、针对不同病症能用到的个性化施灸参数，也还需要被更深入的研究和摸索。

未来的研究工作可以从三个方面来开展，一是开展多中心、大样本的临床对照试验，把艾灸头在不同病症里的实际调理效果验证清楚，搭建起标准化的临床使用方案，为今后设备的标准化量产和临床落地使用打下更扎实的基础；二是把艾草提取物的配方不断优化，结合不同病症的发病特点，研发出更有针对性的艾草精油制剂，把治疗的个性化程度和精准程度都进一步提升；三是把物联网和人工智能技术紧密融入到设备里，让艾灸治疗过程中的相关数据能被实时采集、分析和远程调控，搭建起更完善的智能艾灸健康管理体系。

6 结论

远红外加热与雾化技术的无烟无火艾灸头依靠低温控释、精准雾化、智能温控的整体设计，解决了传统艾灸出现的烟雾污染、温度不好控制、有效成分被高温破坏等关键问题。该设备能把远红外热效应、艾草药理作用、雾化靶向输送三种效果结合到一起形成协同治疗的模式，提升了 40% 的艾草有效成分生物利用度与起效速度，全程都不会产生烟雾、使用起来安全又方便、操作也能做到统一标准，能被应用于家庭和医疗机构这两种主要的场景里；该艾灸头的研发过程，会成为中医药现代化发展中很有价值的实践内容，一方面能为传统艾灸疗法的革新与发展给到足够的技术支持，另一方面也能为中医外治方法和现代工程技术相互结合的方向提供实际的参考经验[11]，未来只要能开展更多的临床研究、把相关技术再做优化，这款设备就有机会被打造成艾灸疗法走向现代化、标准化、智能化的核心工具，推动中医药传统疗法在现代社会里的普及应用与传承创新。

参考文献：

[1] 李玉萍，魏莉霞，张东佳，等 . 艾草的研究现状、应用与展望 [J]. 中国种业 ,2024(08):21-27.

[2] 刘恋，彭曼，林旭明，等 . 温阳助动针灸法治疗顽固性周围性面瘫临床疗效观察 [J/OL]. 针刺研究 ,1-8[2026-03-06].https://doi.org/10.13702/j.1000-0607.20250433.

[3] 彭鑫，王莹莹，李汪，等 .《黄帝内经》“皮部”立体概念研究 [J]. 中国中医基础医学杂志 ,2026,32(01):8-11.

[4] 饶园金，邓志芳，何艳 . 精细化护理联合超声雾化器在儿童支气管炎中的应用效果 [J]. 临床医学工程 ,2023,30(08):1145-1146.

[5] 赵龙莲 , 张佳创 , 李梅 , 等 . 基于粒子群优化与遗传算法融合的农业机器人PID转向控制方法(英文)[J]. 农业机械学报 ,2026,57(01):358-367.
[6] 蒋小洁 , 陈贻豪 , 宋紫欣 , 等 . 艾草的药理作用及其机制研究进展 [J]. 华夏医学 ,2023,36(06):182-188.
[7] 迟洋 .《内经》艾灸疗法的理论研究 [D]. 济南 : 山东中医药大学 ,2018.
[8] 游秘秘 , 陈水金 , 黄红叶 , 等 . 通督扶阳推拿联合艾灸治疗儿童过敏性鼻炎临床观察 [J]. 中国中医药现代远程教育 ,2025,23(22):124-127.
[9] 于森 , 刘倩 , 王宏 , 等 . 艾灸联合中药保留灌肠治疗慢性盆腔炎有效性和安全性的 Meta 分析 [J]. 世界科学技术 - 中医药现代化 ,2026,28(01):250-260.
[10] 安淑雅 , 兰天 , 曾以德 . 基于类风湿关节炎主要病变细胞对温度的反应探究艾灸热刺激的治疗机制 [J/OL]. 中 国 针 灸 ,1-10[2026-03-06].https://doi.org/10.13703/j.0255-2930.20241009-0002.
[11] 陆庆 , 孙志峻 , 张嘉亮 , 等 . 肌肤自适应的电子艾灸仪设计与研究 [J]. 机械设计与制造 ,2025(08):363-367.