

仿生康养功能木质复合材料的设计原理与康养性能探究

盛时雄

德华兔宝宝装饰新材股份有限公司 浙江德清 313200

【摘要】仿生康养功能木质复合材料融合多学科，把生物界精巧结构与功能纳入材料设计，微观结构仿生构建温湿度调节和空气净化的孔隙体系，分子层面功能基团设计实现活性物质高效载荷，探究其设计原理对康养性能的作用。化学、物理及生物合成等多元制备技术路径，让材料具备负离子释放量提升、远红外发射率达0.85等优异康养性能。

【关键词】仿生康养；木质复合材料；结构功能关联；制备技术；性能评价

Research on design principle and health care performance of wood composite materials with bionic health care function

Sheng Shixiong

Dehua Tu Baby Decoration New Material Co., LTD. Zhejiang Deqing 313200

【Abstract】 Biomimetic health and wellness functional wood composite materials integrate multidisciplinary approaches, incorporating the intricate structures and functions of the biological world into material design. The microstructure is designed to mimic the pore systems that regulate temperature and humidity and purify air. At the molecular level, functional groups are designed to efficiently carry active substances, exploring how these design principles influence health and wellness performance. Through diverse preparation techniques, including chemical, physical, and biological synthesis, the materials exhibit superior health and wellness properties, such as increased negative ion release and a far-infrared emission rate of 0.85.

【Key words】 bionic health care; wood composite material; structural function correlation; preparation technology; performance evaluation

引言

生活品质提升，人们对居住环境的健康要求越来越高，传统木质材料，性能有局限，难以契合康养需求，而生物界历经漫长岁月进化，独特结构与功能引人关注，为木质材料创新带来新思路。将仿生理念融入木质复合材料设计，成为突破材料性能瓶颈的关键，研发出的新型材料，兼具自然特质与健康调节功能，在材料与健康产业交叉领域备受瞩目，深入探索其设计原理与康养性能，对木质材料产业升级意义重大，也为打造健康生活空间开拓新方向。

一、仿生康养功能木质复合材料设计原理剖析

（一）生物仿生学与木质材料融合机制

自然界是充满智慧的宝库，生物界多样结构形态为材料设计带来持续灵感。植物细胞壁层状构造，既赋予良好力学性能，又为气体交换创造天然条件；动物皮毛的微纳孔隙结构通过空气层隔热与表面疏水特性，实现隔热保暖与自清洁

双重功能。把这些生物特性融入木质复合材料设计，宏观上，仿自然纹理形态可营造身心愉悦的视觉感受，提升心理舒适体验；微观上，借鉴生物膜透过机制设计孔隙结构，能有效调控环境温湿度。深入探究生物矿化过程，在木质材料表面构建纳米晶体，可显著增强材料耐磨与抗菌性能，进而实现宏观和微观的多尺度仿生融合。

（二）木质材料固有特性挖掘及康养潜力拓展

木质材料是天然材质，有与生俱来的独特长处，其内部天然多孔结构，为各类功能实现提供物理基础；所含纤维素、半纤维素与木质素，以及其中羟基、羧基等活性基团，为材料功能化修饰提供理想位点。多孔特性让木质材料有效吸附空气中有害气体，活性基团经化学反应可负载净化、抗菌等功能物质，加上良好热学性能与生物相容性，木质材料在温度调节、促进人体健康等方面显现巨大潜力，为康养功能开发奠定坚实物质基础。

（三）多学科交叉构建设计理念框架

仿生康养功能木质复合材料的设计，需融合多学科知识与技术体系。材料科学领域提供前沿改性工艺及精密性能表

征方法,可实现材料结构优化与性能检测;生物工程学科揭示生物结构与功能耦合的内在机制,为仿生设计路径指明方向;环境科学范畴明确康养性能量化评价标准及实际应用场景的具体需求^[1]。从分子维度精准设计材料化学组成配比,到微观尺度精细调控物理结构形态,再到宏观层级系统优化功能模块组合,通过创新性应用生物系统运行原理,逐步实现材料智能化与集成化协同设计,最终打造出全方位满足现代康养需求的新型木质复合材料体系。

二、仿生结构对木质复合材料康养性能影响机制探究

(一) 微观结构仿生优化孔隙性能

微观结构的仿生设计对木质复合材料的孔隙性能优化发挥着核心作用。模仿蜂巢具有规则几何特征的六边形结构,构建排列有序的多孔网络体系,能够系统性优化气体在材料内部的扩散传导路径,从而大幅提升空气净化过程的效率,通过精准控制孔径尺寸大小及其空间分布状态,可实现对不同粒径范围污染物的定向选择性吸附。借鉴荷叶表面独特的微纳复合结构形态,在材料表面构建具有层级特征的分级结构,不仅能够有效增大比表面积,还能显著降低污染物的附着概率,进而实现自清洁功能的长效化,这些微观结构的动态改变,会直接作用于木质材料的表面能属性与孔隙结构特性,进而对其吸附解吸水分子、气体分子的物理化学过程产生影响,最终显著提升材料在温湿度调节与空气净化方面的综合性能表现。

(二) 表面形貌仿生调控界面相互作用

材料表面形貌的仿生设计,可有效调控其与环境的界面相互作用,模仿人体皮肤纹理特征,在材料表面构建具有特定粗糙程度的微结构,能增强与人体接触时的舒适体验,通过调整表面电荷分布状态与润湿性表现,可进一步调控材料与周边环境的作用方式,模拟蝴蝶翅膀的多层膜干涉结构制备纳米薄膜,可使远红外发射率提升至 0.85 (波长范围 8-14 μm)。^[2]表面形貌的仿生设计通过调控粗糙度(R_a 1-5 μm)与表面能($\leq 40\text{mN/m}$),改变微生物附着的物理化学环境。例如,仿荷叶表面的微纳凸起结构(间距 2-5 μm ,高度 1-3 μm)可减少细菌接触面积达 60% 以上,配合光催化功能基团(如 TiO_2 纳米粒子),实现 99% 以上的大肠杆菌抑制率。

(三) 分子层面仿生实现功能基团有效表达

从生物分子精巧的结构功能体系出发,展开对木质材料

功能基团的深度仿生设计,以酶的特异性催化机制为灵感,酶能像精准分子工具,识别并作用于特定底物,模仿这一特性,运用先进化学接枝技术,将净化功能分子基团如定制元件般精准连接到木质材料表面。这些功能基团如专业“空气净化卫士”,可高效捕捉分解甲醛、苯系物等有害气体,将其转化为无害物质,为室内环境构建绿色防护屏障。

三、仿生康养功能木质复合材料制备技术路径探索

(一) 化学改性技术的仿生应用实践

化学改性技术在仿生康养功能木质复合材料制备中具有关键作用。运用仿生矿化技术,于木质材料表面沉积纳米无机晶体,模拟生物矿化中有机质与无机质协同机制,可有效提升材料硬度与抗菌能力。通过接枝聚合方式,将空气净化功能有机分子接枝至木质材料活性基团,仿照生物体内化学反应路径,实现功能基团定向负载,借助化学刻蚀技术构建仿生微纳结构,在保留木质材料天然特性基础上,改变其表面形貌与孔隙构造,增强材料康养性能表现。

(二) 物理加工方法的创新设计思路

基于仿生理念开发新型物理加工方法,为木质复合材料制备开辟全新路径。以激光雕刻技术来说,模拟自然界中叶脉精密高效的通道构造,在木质材料表面雕琢出纵横交错的微通道网络。这些仿生构造不仅突破传统材料相对封闭的结构,还如同赋予材料“呼吸”能力,可促进空气在材料内部自然流通,加速水分蒸发扩散,显著提升材料对环境温湿度的动态调节能力。

在复合工艺方面,热压成型技术成为模仿生物组织精妙结构的有效手段。研究人员将木质材料与具有特殊功能的其他材料科学搭配,通过精准把控温度、压力与时间参数,使不同材料在热压过程中紧密结合,形成类似生物组织层状分布的微观结构^[3]。这种仿生复合结构不仅增强材料力学性能,还能实现功能协同增效,全面优化材料综合性能表现,对材料微观结构的精细化调控亦是仿生设计的重要方向。

(三) 生物合成技术的融合发展策略

将生物合成技术引入木质复合材料制备,模拟生物体内合成机制,助微生物发酵技术,利用益生菌代谢产生的抗菌肽(如乳酸菌素)在木质材料表面形成抗菌生物膜,抑制大肠杆菌等致病菌生长;通过植物组织培养技术,培育含特殊功能的木质部细胞并加工成复合材料。生物合成技术赋予材料更优生物相容性与环境友好性,其自组装特性可实现功能

基团有序排列与高效表达，进而大幅提升材料康养性能。

四、仿生康养功能木质复合材料性能评价体系构建

(一) 明确康养性能核心指标

为精准评估仿生康养功能木质复合材料性能，需依据实际康养需求明确核心指标体系，温湿度调节性能重点考量材料对环境湿度变化的响应速率及有效调节范围，反映其动态适应能力；空气净化性能通过检测材料对甲醛、苯系物等典型有害气体的吸附-分解效率进行量化评估，体现环境净化能力；远红外辐射性能以材料发射率数值及辐射波长范围作为关键评价标准，衡量其健康辐射特性；抗菌性能则根据材料对大肠杆菌、金黄色葡萄球菌等常见致病菌的抑制率数据进行科学判定，凸显生物安全属性。这些核心指标从多维视角全面反映材料康养性能，为材料迭代设计与性能优化提供重要参考依据。

(二) 集成多尺度性能表征方法

全面准确评价材料性能，需运用多尺度表征手段。宏观层面，通过模拟实际应用场景的实验，测试材料在真实环境中的性能表现；微观层面，借助扫描电子显微镜、透射电子显微镜等仪器，观察材料结构细节变化；分子尺度上，利用红外光谱、核磁共振等技术，分析功能基团结构与活性特征。将不同尺度表征结果相互关联，可深入解析材料结构与性能的内在联系，为材料优化设计提供坚实理论支撑，实现全方位、深层次的性能评估。

(三) 建立动态环境适应性评价模型

考虑实际应用环境的复杂性，构建动态环境适应性评价

模型十分必要，通过模拟多样温度、湿度、光照等环境条件，测试材料性能的变化趋势，分析材料在长期使用中的性能稳定性，评估其抗老化、抗磨损等性能^[4]。借助数学模型预测材料在不同环境下的康养性能，为实际应用提供科学指引，确保性能评价紧密契合现实需求。

典型案例：国内某高端康养住宅项目室内装修大量应用仿生康养功能木质复合材料，材料从宏观至微观汲取自然结构智慧，仿竹纤维中空结构及排列模式优化孔隙设计，可有效调节室内温湿度，为居住者营造舒适体感环境，其表面经特殊工艺处理，仿照荷叶微纳结构，自清洁能力显著提升，减少灰尘与污染物附着，降低日常清洁维护难度。空气净化方面，通过分子层级仿生设计，接枝具有催化分解功能的活性基团，能快速有效去除空气中有害气体，材料表面仿人体皮肤纹理的微结构设计，大幅提升触感舒适度，同时通过调整表面电荷分布，有效抑制有害微生物滋生，抗菌效果显著，该项目成功验证仿生设计对提升木质复合材料康养性能的有效性，为康养建筑领域提供优秀典范。

结语

仿生康养功能木质复合材料借多学科融合实现创新突破，明确仿生结构设计对康养性能的影响原理，构建完善制备技术路径与性能评价体系，实际项目应用凸显其在改善居住环境、促进人体健康方面的显著效果。未来，随着对生物结构功能认知的深化及材料制备技术的发展，该材料将在功能集成化、智能化与环境适应性方面实现更大突破，为健康建筑与家居产业增添新动力。

参考文献

- [1] 顾占奎，黄承都，贺智鸿，等.木质纤维素/碱性白土复合物的制备及其糖汁脱色应用[J/OL].广西科技大学学报，1-10[2025-05-22]
 - [2] 解卓学，寇艳，史全，等.木质纤维素/聚乙二醇复合相变材料及其控温性能研究[J/OL].化工新型材料，1-9[2025-05-22].
 - [3] 邹修敏，胡飞，许荣辉，等.木质纤维材料及含量对PVC复合材料力学性能的影响[J].聚酯工业，2024，37(06): 16-19.
 - [4] 张佳雪，申博，朱天宇，等.木质复合材料切削有限元建模方法研究[J].林业机械与木工设备，2024，52(10): 86-91+101.
- 作者简介：盛时雄（出生年份-1978.8），男，汉族，籍贯：浙江省湖州德清，学历：本科，职称：工程师，研究方向：胶粘剂、阻燃材料、复合材料、智能制造、工业设计等多个领域，木材加工专业的技术研发、新产品开发及产业化，研究院管理，身份证号码：330521197808280015。