

# 新型竹木结构在低碳建筑中的应用与节点性能优化

廖有昌

万载县万投建筑设计有限公司 江西宜春 336100

**摘要:** 在“双碳”目标引领下, 低碳建筑成为建筑业绿色转型的核心方向, 新型竹木结构凭借独特优势逐渐成为低碳建筑的重要选择。本文围绕新型竹木结构在低碳建筑中的应用与节点性能优化展开研究, 首先阐述新型竹木结构的应用价值, 包括竹木材料的固碳特性、满足低碳设计的性能优势及对绿色建材产业的推动作用; 进而分析影响节点性能的关键因素, 涉及节点构造形式、连接材料与工艺、荷载类型与环境条件; 最后提出节点性能优化路径, 包括构造形式创新、新型连接材料应用及一体化设计。研究旨在为新型竹木结构在低碳建筑中的推广应用提供理论支撑与实践参考, 助力建筑业实现低碳可持续发展。

**关键词:** 新型竹木结构; 低碳建筑; 节点性能; 应用价值

## 引言

全球低碳发展浪潮推动下, 建筑业作为高耗能行业, 亟需探索环保低碳的建筑形式与材料体系。传统建筑多依赖钢筋混凝土、钢材等高碳排材料, 其生产过程消耗大量能源并释放巨额二氧化碳, 与低碳发展理念相悖。在此背景下, 新型竹木结构凭借可再生、低能耗、固碳能力强等特点, 逐渐受到行业关注, 成为低碳建筑领域的重要研究方向。竹材与木材作为天然可再生资源, 生长周期短、碳汇能力突出, 符合低碳建筑的材料选择要求。新型竹木结构通过现代加工技术提升材料性能, 克服了传统竹木结构强度不足、耐久性差等弊端, 在建筑工程中的应用范围不断扩大。然而, 节点作为竹木结构的核心受力部位, 其性能直接影响建筑整体的安全性、稳定性与耐久性, 当前新型竹木结构节点设计仍存在力学性能不足、耐久性能欠佳等问题, 制约了其在中高层低碳建筑中的规模化应用。

## 一、新型竹木结构在低碳建筑中的应用价值

### (一) 竹木材料的固碳特性与环境友好性

竹木材料的固碳特性是其适配低碳建筑的核心优势。竹子与树木在生长过程中通过光合作用吸收大气中的二氧化碳, 并将其转化为自身生物质能储存起来, 形成稳定的碳库。竹材生长周期短, 通常3-5年即可成材, 且采伐后能快速再生, 持续发挥固碳作用; 木材虽生长周期较长, 但固碳容量大, 碳储存周期长。新型竹木结构在建筑使用寿命内, 能够持续锁定大量二氧化碳, 减少大气中温室气体含量, 实现显著的碳减排效益。

与钢筋混凝土、钢材等传统建筑材料相比, 竹木材料的生产过程能耗极低。传统建材生产需经过采矿、冶炼、烧制等高温高耗能工序, 碳排放强度高; 而竹木材料仅需经过简单的干燥、防腐、拼接等加工处理, 过程中消耗的能源少, 碳排放总量远低于传统建材。此外, 竹木材料具有良好的生物降解性, 建筑拆除后可自然降解或回收再利用, 不会产生大量建筑废弃物, 对环境造成的污染极小。其全生命周期的环境友好性, 使其成为低碳建筑材料的理想选择, 为建筑业实现碳减排目标提供了有效路径。

### (二) 满足低碳建筑设计目标的性能优势

新型竹木结构通过现代技术改良, 在力学性能、保温隔热性能等方面表现优异, 能够充分满足低碳建筑的设计目标。在力学性能方面, 经过改性处理的竹材与木材, 强度、韧性与承载能力显著提升, 部分性能甚至接近钢材, 能够满足不同跨度、不同层数建筑的结构受力要求。新型竹木结构的轻量化特性, 还能降低建筑基础的承载压力, 减少基础工程的材料用量与施工能耗, 进一步提升建筑的整体低碳效益。

保温隔热性能是低碳建筑节能设计的关键指标, 新型竹木结构在这一领域具有天然优势。竹木材料内部的孔隙结构使其导热系数低, 保温隔热效果显著优于钢筋混凝土与钢材。采用新型竹木结构的建筑, 冬季能够减少室内热量散失, 夏季可阻挡室外热量传入, 有效降低建筑空调、供暖系统的能源消耗, 减少能源使用过程中的碳排放。同时, 竹木材料的声学性能良好, 能够有效吸收噪音, 改善建筑室内声环境, 提升居住舒适度, 符

合低碳建筑对人居环境品质的要求。

### （三）推动绿色建材产业发展的促进作用

新型竹木结构的推广应用，能够有效带动绿色建材产业的发展壮大。我国竹资源与森林资源丰富，竹材产量居世界首位，木材储备充足，为新型竹木结构的发展提供了坚实的资源基础。新型竹木结构的规模化应用，将催生对优质竹木原材料的大量需求，带动林业与竹业的产业化发展，促进资源合理开发与高效利用。

为满足建筑工程对材料性能的要求，新型竹木结构的发展将推动竹木加工技术的创新升级。企业将加大对竹木材料改性、防腐、防火、拼接等关键技术的研发投入，提升材料的力学性能、耐久性能与安全性能，形成一系列具有自主知识产权的核心技术与产品。同时，新型竹木结构的发展还将带动上下游产业链的协同发展，包括竹木原材料种植、加工设备制造、新型连接材料生产等相关产业，形成完整的绿色建材产业体系，推动建筑材料产业向低碳化、绿色化转型，为建筑业的可持续发展提供产业支撑<sup>[1]</sup>。

## 二、新型竹木结构节点性能的关键影响因素

### （一）节点构造形式对力学性能的影响

节点构造形式是决定新型竹木结构力学性能的核心因素。节点作为结构构件的连接部位，需传递与分配荷载，其构造形式直接影响荷载传递路径、受力分布状态与整体承载能力。不同的构造形式在节点刚度、强度、延性等力学指标上存在显著差异。

刚接节点通过牢固连接使构件形成整体，能够传递弯矩、剪力与轴力，刚度大、承载能力强，适用于对结构整体性要求高的建筑；铰接节点仅能传递剪力与轴力，不能传递弯矩，刚度较小，但延性较好，适用于对结构变形有一定要求的场景。节点的几何形状与尺寸也会影响力学性能，构造过于复杂或尺寸不合理，会导致节点应力集中，降低承载能力；合理的构造形式应使荷载均匀分布，避免应力集中现象。此外，节点的连接密度、构件搭接长度等参数，也会影响节点的力学性能，连接密度不足或搭接长度过短，会导致节点连接不牢固，承载能力下降。

### （二）连接材料与工艺对耐久性能的影响

连接材料与工艺直接影响新型竹木结构节点的耐久性能。节点在建筑使用过程中，需承受荷载作用与环境侵蚀，连接材料的性能与连接工艺的质量，决定了节点的使用寿命与可靠性。常用的节点连接材料包括金属连接件、胶粘剂等，不同材料的耐久性能差异显著。

金属连接件如螺栓、螺钉等，长期暴露在空气中易发生锈蚀，尤其是在潮湿、多盐雾的环境中，锈蚀会导致连接件截面减小、强度降低，进而影响节点的连接性能；普通胶粘剂的耐水、耐候性能较差，长期使用后易老化、开裂，导致节点连接失效。连接工艺的规范性也至关重要，胶粘剂涂刷不均匀、固化不充分，会导致粘接强度不足；金属连接件安装时紧固力不足或过度紧固，会造成构件损伤或连接松动，降低节点的耐久性能。此外，连接部位的防腐、防潮处理工艺不到位，会加速连接材料的老化与腐蚀，缩短节点使用寿命<sup>[2]</sup>。

### （三）荷载类型与环境条件对节点性能的影响

荷载类型与环境条件是影响新型竹木结构节点性能的重要外部因素。建筑结构在使用过程中会承受多种荷载作用，不同荷载类型对节点性能的影响存在差异。静力荷载如结构自重、楼面活荷载等，会使节点产生稳定的应力与变形，长期作用下可能导致节点材料疲劳；动力荷载如地震、风荷载等，具有瞬时性、冲击力强的特点，会使节点承受反复的应力交替，易引发节点连接松动、构件损伤，甚至导致节点失效。

环境条件对节点性能的影响同样显著。潮湿环境会导致竹木材料吸水膨胀、变形，使节点连接缝隙增大，影响连接紧密性；同时，潮湿环境会加速金属连接件锈蚀与胶粘剂老化，降低节点耐久性能。高温环境会使竹木材料强度下降、胶粘剂软化，导致节点承载能力降低；低温环境则可能使竹木材料变脆、胶粘剂脆性增加，节点的延性与抗冲击性能下降。此外，紫外线照射、化学介质侵蚀等环境因素，也会对节点材料与连接性能产生不利影响，导致节点性能退化<sup>[3]</sup>。

## 三、新型竹木结构节点性能的优化路径

### （一）节点构造形式的创新设计

节点构造形式的创新设计是提升新型竹木结构节点力学性能的核心路径。通过优化节点几何形状与结构布局，减少应力集中现象，实现荷载的均匀传递。可采用整体式节点构造，将节点与构件一体化设计，避免因连接缝隙导致的应力集中，提升节点的刚度与承载能力。某低碳住宅项目采用竹材集成材整体铣削节点，通过计算机模拟优化节点几何形状，使荷载传递路径更加合理，节点承载能力较传统节点提升了35%，应力集中现象显著改善。

针对不同的结构受力需求，设计差异化的节点构造形式。对于承受弯矩较大的部位，采用刚接节点构造，通过增加连接面积、优化连接件布置，提升节点的抗弯

能力；对于需要适应结构变形的部位，采用半刚性节点构造，在保证承载能力的同时，兼顾节点的延性与变形能力。同时，简化节点构造形式，减少不必要的复杂结构，降低加工难度与成本，提升施工效率。某竹木结构办公楼项目采用简化的榫卯节点构造，通过精准的尺寸设计与加工，在保证节点力学性能的前提下，施工效率提升了20%，成本降低了15%。

## （二）新型连接材料与复合技术的应用

新型连接材料与复合技术的应用的是提升节点耐久性能的关键手段。选用高性能的新型连接材料，替代传统的金属连接件与胶粘剂。例如，采用耐腐蚀性能优异的不锈钢连接件、钛合金连接件，有效抵抗环境侵蚀，延长节点使用寿命；选用耐水、耐候、抗老化性能突出的高分子复合胶粘剂，提升节点的粘接强度与耐久性。某竹木结构景观建筑采用新型纳米复合胶粘剂，其耐水性能与抗老化性能较传统胶粘剂提升了40%，节点在潮湿环境中使用5年后仍保持良好的连接性能。

推广应用复合连接技术，结合不同连接方式的优势，提升节点的综合性能。采用“机械连接+粘接”的复合连接方式，机械连接能够提供即时的承载能力与刚度，粘接连接则能均匀传递荷载、增强节点整体性，两者协同作用，使节点既具备高强度、高刚度，又具有良好的耐久性与延性。某装配式竹木结构住宅项目采用螺栓连接与复合胶粘剂结合的复合连接技术，节点的抗剪强度提升了28%，耐久性能显著优于单一连接方式的节点。此外，对连接部位进行复合防护处理，采用防腐涂料、防潮层等材料，对金属连接件与竹木构件连接处进行全方位防护，隔绝环境中的水分、氧气等侵蚀介质，进一步提升节点耐久性能<sup>[4]</sup>。

## （三）考虑协同工作的节点一体化设计

考虑协同工作的节点一体化设计能够实现节点与结构整体性能的优化匹配。节点作为结构体系的重要组成部分，其性能应与构件性能、结构整体受力特点相协同，避免因节点性能与构件性能不匹配导致结构局部失效。在节点设计过程中，通过结构整体受力分析，明确节点的荷载传递需求与性能指标，使节点设计与构件设计、结构体系设计同步进行，实现一体化优化。

注重节点与构件的协同工作，优化节点与构件的连接界面设计，确保荷载在节点与构件之间平稳传递，避免因连接界面受力不均导致局部损伤。例如，在竹材构件与节点连接处，采用渐变式截面设计，使构件截面尺

寸向节点部位逐渐过渡，减少截面突变导致的应力集中，提升节点与构件的协同工作能力。某竹木结构桥梁项目通过节点与构件的一体化设计，使节点与构件协同受力，结构整体承载能力提升了30%，变形协调性显著改善。同时，考虑节点在不同荷载与环境条件下的工作状态，进行多工况下的节点性能优化，确保节点在各种使用场景下都能与结构整体协同工作，保障建筑结构的安全性、稳定性与耐久性<sup>[5]</sup>。

## 结语

新型竹木结构凭借固碳特性、环境友好性与优异的性能优势，在低碳建筑中具有广阔的应用前景，其推广应用对于建筑业实现碳减排目标、推动绿色可持续发展具有重要意义。节点性能的优化是新型竹木结构技术升级的核心，通过科学合理的设计与技术创新，能够有效提升节点的力学性能与耐久性能，为新型竹木结构在更高层次、更广泛领域的应用提供保障。新型竹木结构的发展不仅有利于推动低碳建筑产业的进步，还能带动绿色建材产业、林业与竹业的协同发展，形成良性的产业生态。在低碳发展的大背景下，新型竹木结构必将成为建筑业绿色转型的重要方向。未来，需进一步加强新型竹木结构的技术研发与实践应用，不断优化节点设计与施工工艺，提升结构整体性能，推动相关标准规范的完善，促进新型竹木结构在低碳建筑中的规模化、高质量应用，为建筑业实现碳减排目标、建设美丽中国贡献力量。

## 参考文献

- [1] 无. 竹质双拼梁装配式建筑开发与应用[J]. 中国农村科技, 2020(003): F0003-F0003.
- [2] 刘旭. 当代木结构设计应用[J]. 山海经: 教育前沿, 2021(6): 0035-0035.
- [3] 柏文峰, 袁媛, 苏何先, 等. 正交斜放竹条覆面桁架搁栅承载力试验研究[J]. 工业建筑, 2021(105-110). DOI: 10.13204/j.gyjzG20021002.
- [4] 吴建飞, 王纬, 袁红梅, 等. 竹木复合建筑混凝土模板的工艺研究[J]. 福建林学院学报, 2020, 040(003): 329-335.
- [5] 无[1]. “新材料及新型结构”专刊征稿——西安建筑科技大学学报(自然科学版)[J]. 西安建筑科技大学学报: 社会科学版, 2021(5).