

国内钢木结构体系发展需求与前景

朱娅楠

济南托马斯实验学校 山东济南

【摘要】 在发展可持续的总体目标中，建筑物的能源性能在过去十年中受到了广泛关注。控制建筑物的碳排在结构设计在变得更加重要，由于承重结构在建筑物能效消耗与排放中占很大比例，因此降低其对环境的影响变得尤为重要的。然而就环境影响而言，最好的建筑材料不一定是便宜的。在这种情况下，由两种（或多种）不同材料组成的混合钢/木结构可能会提供一种解决方案。在本文中，我们回顾了混合钢/木结构结构的现状、应用实例。结果表明，中国混合钢/木结构发展需求强劲，但现有政策、规范尚处在发展早期。

【关键词】 钢木结构；低碳环保；建筑业；研究现状；发展趋势

Development demand and prospect of domestic steel-timber composite structure

Ya'nan Zhu

Jinan Thomas School

【Abstract】 The energy performance of buildings has attracted much attention in the past decade under the trend of focusing on the overall goal of sustainable development. Controlling the carbon emissions of buildings in structural design is becoming more important, and since load-bearing structures account for a large proportion of energy efficiency consumption and emissions in buildings, reducing their environmental impact has become particularly critical. In terms of environmental impact, however, the best building material is not always the most affordable. In this case, hybrid steel/wood structures consisting of two (or more) different materials can provide a favorable possibility solution. In this paper, we have reviewed the current status and application examples of hybrid steel/wood structures. The results indicated that there was a great demand for the development of hybrid steel/wood structures in China, but the existing relevant policies and codes were still in the early stages of development.

【Keywords】 steel/wood structures; low carbon and environmental protection; construction industry; current research status; development trend

1 背景

建筑业面临着经济环境、人口结构、地域文化、气候变化等诸多挑战。2019 年联合国环境发展署（UNEP）报告中指出，建筑行业碳排放量占据全球总碳排放量的 38%^[1]。近年来，中国建筑行业的总碳排放量依旧呈现出增长的趋势。据统计，2020 年的二氧化碳排放量高达 14.8 亿吨，与上年相比，同样表现出缓慢上升的趋势^[2]。联合国环境规划署提出建筑行业的碳排放量需要到 2030 年之前实现减少 50%，才有机会在 2050 年之前达成净零碳建筑存量的成绩^[1]。为此，中国积极提出减少碳排放量的政策和措施：力争二氧化碳排在 2030 年达到峰值，在

2060 年前实现碳中和努力推动实现碳达峰碳中和目标^[3]。为了达到碳中和目标，住建部、国家发改委等部门发布了《绿色建筑创建行动方案》^[4]，推动建筑业绿色、低碳发展刻不容缓。因此，通过研发绿色建筑新技术，实现新型木结构等绿色低碳结构替代传统钢筋混凝土建筑以支持建筑业低碳转型具有重大显示意义。

2 传统结构形式与钢木组合结构

2.1 传统结构形式

木结构建筑便于预制化生产，在生产建造过程中施工组织效率高^[5]、碳排放量较低。同时，木结构拥有较好的抗震性、优越的保温隔热、吸噪性能^[6]，但

与其它建筑结构材料（如混凝土、钢材）相比承载力差、易变形、易燃、耐久性差^[7]。胶合木结构作为新型木结构，在继承传统木结构保温隔音优点的同时，胶合木材大幅提升了抗拉、抗压强度及耐久性，丰富了建筑构造选择，使得结构形式多样化^[8]。在欧洲建筑中有大量使用，技术也较为成熟，其自身的结构优势可以在大跨度建筑中得到充分利用^[9]。

钢结构建筑以其材料特点有着承载力高、构造截面小、空间分布更加灵活等特点^[11]。此外，钢结构也具有诸多技术经济优势：结构自重轻、可塑性高，通过灵活选用多种连接方式便于施工组织；易于回收再利用，减轻建筑材料对环境的污染^[10]。然而，钢结构建筑保温隔热隔音性能差，建筑物能效等级低^[11]。如何提升钢结构建筑能效表现，将是低碳转型背景下采用钢结构建设的一大挑战。

2.2 钢木组合结构体系

随着新材料、建筑结构体系的发展，新型钢木组合结构通过将不同材料合理组合，形成新的结构形式，改善结构性能、发挥各材料的最大优势^[13]。钢材可以弥补木结构承载力的不足，而木材的使用可以为钢结构提供侧向支撑，并在一定程度防止钢材的锈蚀^[14]。钢木组合结构通过合理调配合理设计与施工，最大程度的展现出两种常见建筑材料的优势，其在建设过程中所需物料和消耗的资源均少于其它建筑结构。研究指出，钢木组合结构不仅限于常规建设，在大空间、大跨度建筑中也正崭露头角^[15]。中国的钢木组合结构理论与应用起步较晚，对该结构的设计理论以及工艺流程进行深入了解，有助于建筑业实现低碳转型。

钢木组合结构构件常分为柱和梁两大部分。其中，柱构件常为矩形钢、十字型钢、H型钢和十字形钢板等。矩形钢和木材结合会有较强的抗荷载能力，矩形钢的尺寸也是标准化的可以有效提高建筑的速度。H型钢和木材结合可以的增加侧向的抗压能力。如果是十字型钢板周围覆盖木材，增强抗荷载力的同时木材也加固了钢板，有效阻止了钢板弯曲的可能性。这几种构件同时也都需要使用高强度螺栓与其他材料连接。梁构件则常分为型钢、平行钢、平板钢等。当这些梁构件与木材结合时，木材减少了H所受到的剪切力，并有效减少了其弯曲的可能性。但也需要像柱构件一样在于其他材料连接时需要使用刚强度螺栓作为连接。

3 应用实例

随着时代的发展，单一的木结构或钢结构建筑已不能满足部分建筑需求和环保标准。目前，涌现出了大量采用钢木混合结构的建筑，钢结构与木结构的组合在使得结构构件拥有更强的抗压、抗拉能力的同时，也使钢铁森林般的建筑增加了亲和力。除此之外，世界各地采用钢木组合结构体系的建筑也在逐渐增加。目前，国外已涌现出了一批集建筑设计新颖、结构设计合理、环境友好型的钢木结构建筑。

位于澳大利亚的 Atlassian 总部大楼在悉尼市中心的中央车站旁，预计将于 2025 年竣工。其建筑内部采用大量木结构作为间隔和柱子，外部大型楼板则采用了钢结构作为受力支撑。每四层楼都作为一个独立的木结构，并且由钢结构做外支撑，从而使得每一层楼都形成了一个类似于花园的通风区域。同时据测算，由采用新型幕墙及钢木组合结构的 Atlassian 总部大楼在投入使用十年内将减少 50%的碳排放和能源消耗。

Scotia Place 是位于新西兰的奥克兰中心迈尔斯公园的小型钢木组合结构体系公寓。由于资金问题，建筑初期使用了木制地板代替了混凝土地板，但由于木结构并不能满足其要建为高层建筑的需求，便使用钢结构作为其侧向受力的载体。既解决了层高问题，也解决了资金问题。同时也是世界首例木制地板和钢结构建筑系统组合的工程。

位于温哥华的冬季奥运会的速滑馆 Richmond Oval 于 2008 年竣工，利用了钢木结构在大跨度建筑方面的优势，建造了全世界最大跨度的钢木混合结构屋顶。其波浪形的屋盖是由 100 米跨度的钢木混合结构复合拱作为支撑和受力部件，复合拱呈现 V 形。顶部则利用了 H 型钢起到了支撑的作用，还很好的隐藏了部分构件，使建筑物更加美观。

让-玛丽·吉帕欧文化中心是由意大利的著名建筑师伦佐·皮阿诺于 1991 年设计完成的。其拥有由钢木组合结构体系组成格构式的空间桁架形式的组合，使整体建筑由大量粗壮的木结构和少量纤弱的钢结构拉杆与拉锁组成。很好的诠释了钢木组合结构材料极强的抗拉、抗压能力。

位于日本的鬼石多功能厅是日本群马县中一个小村落的液态建筑，整个建筑采用了大量的钢木组合结构，大部分采用木制屋顶加白色钢构柱子和 X 型细钢柱，使建筑呈现简约、现代的外貌。最有特色的

是其演讲厅，屋顶是由木结构构成，木材外包裹钢材作为钢-翼缘型梁，达成了在整体木结构中采用少量钢结构代替木结构的技术突破。

位于浙江金华武义县的拾云山房，结合了钢木组

合结构的设计自由、牢固等特点。室内空间大、无梁无柱，增强了整体建筑的设计感，增加了客户体验感。充分展现了钢木组合结构建筑在设计方面的魅力。

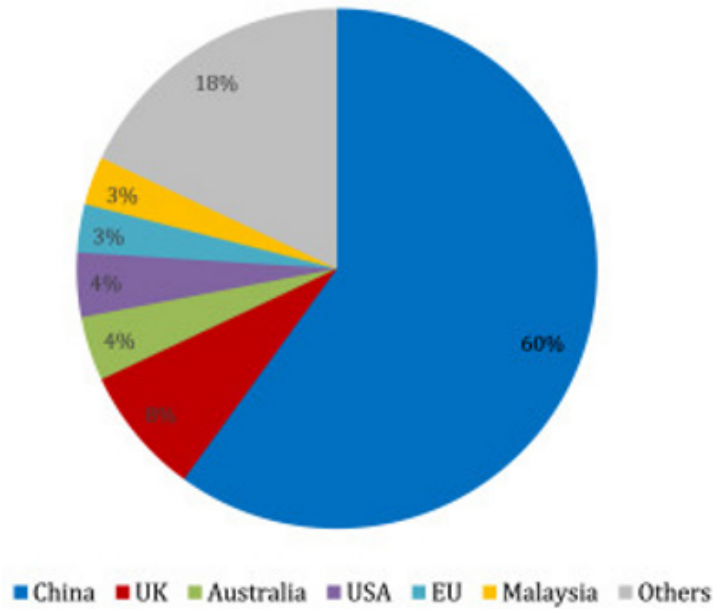


图 1 建筑业碳排放量图（中国/世界上产业的比例）

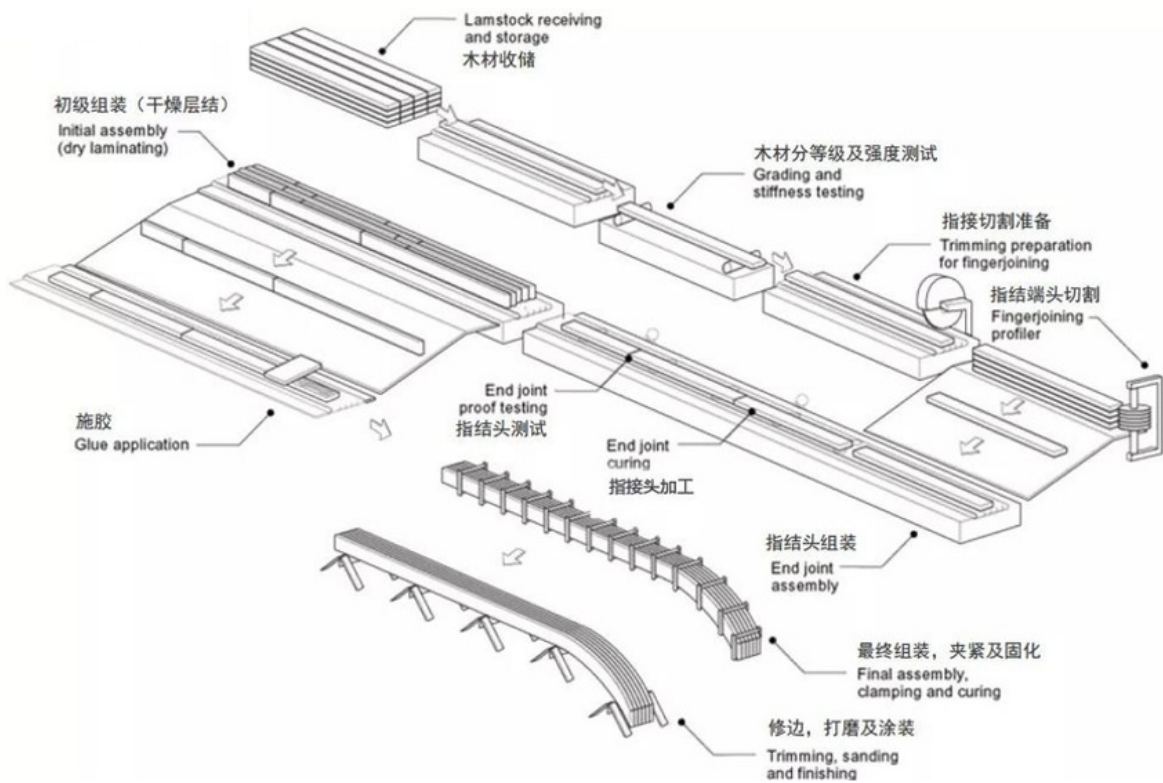


图 2 胶合木材制造示意

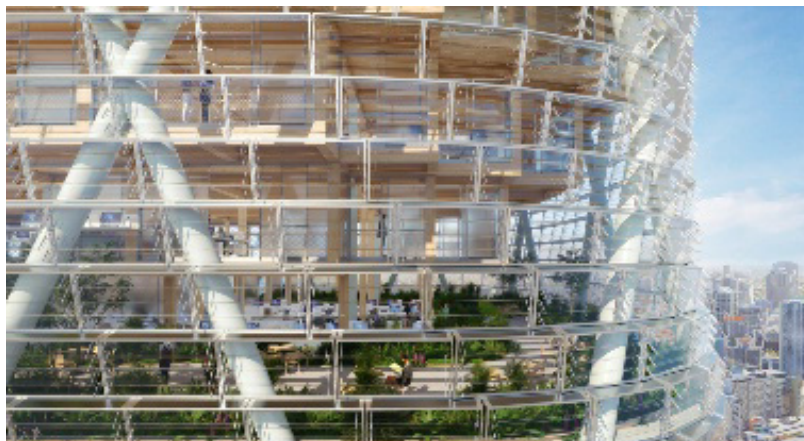


图 3 Atlassian 总部大楼，澳大利亚

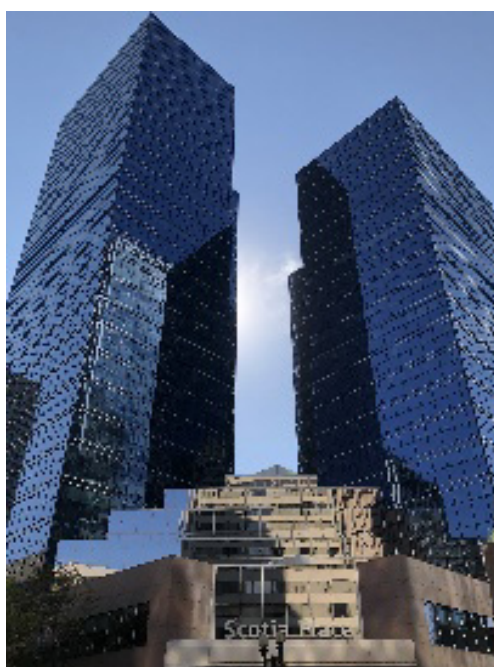


图 4 新西兰 Scotia Place



图 5 冬季奥运会速滑馆 Richmond Oval，温哥华

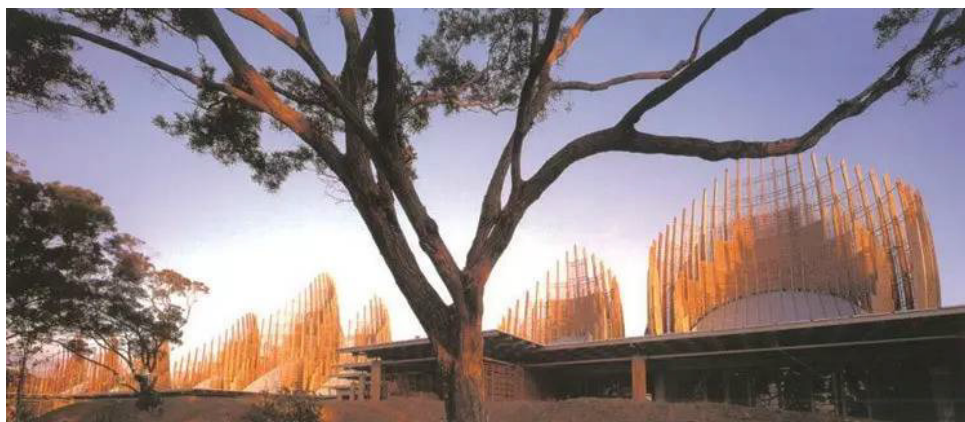


图 6 让-玛丽·吉帕欧文化中心，意大利

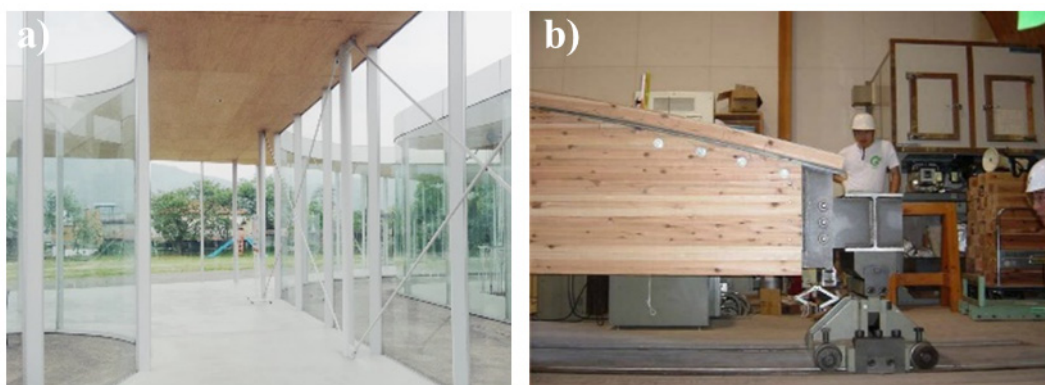


图 7 鬼石多功能厅，日本



图 8 拾云山房，中国浙江

4 中国钢木结构发展展望

4.1 政策与不足

中国在木结构设计规范中提出完善有关木材质量指标、抗震设计规定、加强木结构构件的链接和计

算设计等新规范^[16]。钢结构也出台了相应设计规范。

然而到目前为止，中国还未推出有关钢木结构体系的相关设计规范，也没有准确的数据。与欧洲、日本、美国、加拿大相比，中国的钢木组合体系的发展

还处于初级阶段,但也有部分相关研究,却大多关注于钢木组合体系的相关构件上,例如组合梁、柱、剪力墙等^[17]。又或者是对木结构现有研究进行简单的综合性研究。而对于钢木组合体系的其他重要方面,中国缺乏实验与深入研究。

4.2 未来发展建议

虽然钢木结构体系现阶段在中国有一定发展,但与欧洲,美洲,日本等地区相比,仍有大量领域需要进行实验和深入研究。在未来钢木结构体系的推广、协调性、耐火性^[17]、特殊温度下材料的协调性、横截面受力^[18]、构件节点、舒适度等方面都有较广的发展前景。同时可以契合《绿色建筑创建行动方案》,进行可持续、绿色低碳发展。

参考文献

- [1] Building sector emissions hit record high, but low-carbon pandemic recovery can help transform sector – UN report. (2020, December 16). UN Environment Programme. <https://www.unep.org/news-and-stories/press-release/building-sector-emissions-hit-record-high-low-carbon-pandemic>
- [2] 中国建筑材料工业碳排放报告(2020). 中国建材(04),59-62.
- [3] 努力推动实现碳达峰碳中和目标. (2021, November 11). 中华人民共和国国家发展和改革委员会. https://www.ndrc.gov.cn/wsdwhfz/202111/t20211111_1303691_ext.html
- [4] 绿色建筑创建行动方案. (2020). 中华人民共和国住房和城乡建设部. https://www.mohurd.gov.cn/gongkai/fdzdgknr/tzgg/202007/20200724_246492.html
- [5] 李闻影,潘福婷 & 云浩.(2014).钢木组合结构在土木工程中的应用与发展. 安徽建筑(01),128-129+143.
- [6] 娄万里 & 任海青.(2015).木结构建筑的特征及在我国的发展前景.木材工业(05),20-23.
- [7] 刘伟庆 & 杨会峰.(2019).现代木结构研究进展. 建筑结构学报(02),16-43.
- [8] 朱建伟.(2021).胶合木结构建筑的发展现状及前景. 现代农业研究(08),137-138.
- [9] 蔡沁文,陆轶辰 & 张维宸.(2015).钢与木:结构设计. 建筑创作(05),80-87.
- [10] 徐伟良,蒋菡 & 赵萍.(2002).多高层住宅的钢结构体系及其工程应用.《工程力学》期刊社.(eds.)第十一届全国结构工程学术会议论文集第1卷(pp.623-626).《工程力学》.
- [11] 周绪红 & 王宇航.(2019).我国钢结构住宅产业化发展的现状、问题与对策. 土木工程学报(01),1-7.
- [12] Aspila, A., Heinisuo, M., Mela, K., Malaska, M., & Pajunen, S. (2022). Elastic design of steel-timber composite beams. Wood Material Science & Engineering, 1-10.
- [13] Atlassian HQ | SHoP. (2022). SHoP. Retrieved 2022, from <https://www.shoparc.com/projects/atlassian-hq/>
- [14] 廖静,郝勇,王立军,贾吉龙 & 李家安.(2020).钢木组合结构研究现状. 河南科技(14),85-87.
- [15] 陈路伟 & 曹辉.(2018).大跨度钢、木混合结构屋盖施工工艺研究. 建筑施工(02),195-197.
- [16] 杨学兵.(2013).《木结构设计规范》GB50005 修订. 建设科技(17),44-46.
- [17] 廖静,郝勇,王立军,贾吉龙 & 李家安.(2020).钢木组合结构研究现状. 河南科技(14),85-87.
- [18] 王小盾,陈志华,白晶晶,李珊珊 & 安琦.(2011).钢木组合结构的研究现状与发展前景.《钢结构》编辑部(Steel Construction Editorial Office).(eds.)2011 全国钢结构学术年会论文集(pp.678-681).工业建筑杂志社(Industrial Construction Magazine Agency).

收稿日期: 2022年8月1日

出刊日期: 2022年10月11日

引用本文: 朱娅楠, 国内钢木结构体系发展需求与前景[J]. 建筑工程进展, 2022, 2(3): 75-80.
DOI: 10.12208/j.ace.20220080

检索信息: 中国知网 (CNKI Scholar)、万方数据 (WANFANG DATA)、Google Scholar 等数据库收录期刊

版权声明: ©2022 作者与开放获取期刊研究中心(OAJRC)所有。本文章按照知识共享署名许可条款发表。 <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



OPEN ACCESS