

我国木结构产业发展展望

龚迎春¹, 娄万里^{1, 2}, 李明月¹, 任海青¹

(1. 中国林业科学研究院木材工业研究所, 北京 100091; 2. 科学技术部火炬高技术产业开发中心, 北京 100091)

摘要: 总结我国木结构产业的现状, 包括木结构用材资源状况、现有木结构相关标准体系、政策支持, 以及相关木结构的材料制备、设计方法、生产技术的科研进展, 对我国木结构产业的高质量发展, 提出进一步的努力方向。

关键词: 木结构; 产业; 木材资源; 标准体系; 政策; 科研

中图分类号: S784; TS61; TU366.2 文献标识码: A 文章编号: 1001-8654 (2019) 05-0020-05

Prospects for Timber Structure Industry in China

GONG Ying-chun¹, LOU Wan-li^{1, 2}, LI Ming-yue¹, REN Hai-qing¹

(1. Research Institute of Wood Industry, Chinese Academy of Forestry, Beijing 100091, China; 2. Torch High Technology Industry Development Center, Ministry of Science & Technology, Beijing 100091, China)

Abstract: The authors introduced the present situation of timber structure industry in China, including timber resources, relevant standard systems and policy support, as well as material preparation, design methods and processing technology for timber structure. Suggestions were proposed on high quality development of the timber structure industry in China.

Key words: timber structure; industry; timber resources; standard system; policy; R & D

在钢材、混凝土、砖砌、木材等各种建筑材料中, 木材是唯一具有可再生、可自然降解的固碳、节能等环境友好特征的材料。使用木材的木结构建筑, 与其他结构建筑相比, 在节能环保、绿色低碳、防震减灾、工厂化预制、施工效率等方面凸显更多的优势。

木结构在我国具有悠久的历史, 在不同时期、不同地域条件、多种文化背景下发展^[1-2], 形成独特、高度成熟的建筑体系^[3]。20世纪60年代, 木结构和木混结构的占比曾高达46%, 但80年代, 由于木材

资源的匮乏, 以及以钢带木、以塑代木等相关政策的影响, 木结构建筑产业发展一度停滞。90年代后, 随着我国推行的人工速生林政策取得显著效果, 木结构行业逐步复苏。经过将近30年的发展, 木结构产业已初具规模。尤其是近年来政府相继出台的政策、标准规范, 推动木结构向高质量方向发展, 对于切实转变城乡建设模式和建筑业发展方式, 提高资源利用效率, 实现节能减排约束性目标, 应对全球气候变化, 实现建筑结构多元化发展, 增强生态文明建设, 起到重要意义。

1 我国木结构产业发展现状

1.1 木结构产业现状

根据2018年我国现代木结构建筑市场调研, 我国现阶段木结构产业发展现状总结如下。

1) 企业状况: 木结构建筑及其相关企业数量约

收稿日期: 2018-09-18; 修改日期: 2019-08-14

基金项目: 中央级公益性科研院所基本科研业务费专项资金“正交胶合木墙体稳定性能研究”(CAFYBB2018SY032)。

作者简介: 龚迎春(1989—), 男, 助理研究员。Email: gongyingchun@caf.ac.cn。

责任作者: 任海青, 女, 研究员。Email: renhq@caf.ac.cn。

300家,多数为民营企业,少数为国有企业和外资企业。其中东北、北部沿海和东部沿海地区木结构企业的数量占70%以上,产值占木结构产业总产值的90%以上。50%的企业员工人数不超过百人;70%的企业在木结构行业的从业年限低于10年。企业规模小、经营时间短,是国内木结构企业的主要特点。

2) 产品类型:我国现代木结构建筑体系以梁柱结构、轻型木结构及井干式木结构为主流产品^[4-5]。其中梁柱式木结构占约90%,轻型木结构占约89%,井干式木结构占68%;此外,混合木结构占58%,板式木结构占25%,其他占16%。绝大部分企业生产建造的不止一种木结构产品,而70%以上的企业生产梁柱(胶合木)结构、轻型木结构和井干式木结构。

3) 用材树种:主要为进口树种,包括花旗松、樟子松、SPF、红雪松、云杉、落叶松。

4) 技术装备:现有木屋加工中心30个,胶合木生产线约60条,预制化墙体生产线7条,圆柱生产线2条,正交胶合木(Cross-laminated timber, CLT)生产线4条,弯曲梁生产线7条。木结构加工装备水平近年来大幅提升^[6-7]。

5) 建造面积:据笔者初步统计,2016年木结构建造总面积为212.16万m²,2017年为291.2万m²,2018年达到350万m²。虽然近几年木结构建筑施工总面积增长迅速,但在全国建筑竣工总面积的占比仅0.1%。

6) 消费流向:30%的木结构建筑使用在旅游景区,住宅建筑占24%,酒店会所及商业建筑占23%,大型场馆类公共建筑占10%,小型公共建筑占7%,公园设施、广场建筑占6%。木结构建筑消费流向存在局限性,以政府项目及临时建筑项目居多。

总体来看,我国木结构产业现状的特点:1) 政府支持力度大,市场发展速度快;2) 木材资源主要依靠进口,结构材制造和木结构建筑建造企业规模小,产品质量低;3) 设计规范还有诸多限制,木结构报建和验收缺乏依据;4) 设计人才、施工管理人员严重缺乏,施工深化设计和工业化拆分技术是短板;5) 产业尚不成熟,木结构成本较高;6) 消费大众对木结构的认识度不高,存在木结构建筑不防火、不保温、不环保的误区。

1.2 木结构用材资源状况

根据第九次全国森林资源清查结果^[8],我国现有森林面积2.2亿hm²,森林蓄积175.6亿m³。其中天然林林地面积1.40亿hm²,蓄积量141.08亿m³;人工林面积0.80亿hm²,蓄积量34.52亿m³。我国2015年起实行天然林禁止商业性采伐政策,人工林成为木材及木制品的主要资源。

全国人工乔木林主要优势树种(组)面积排名前10位的是:杉木、杨树、桉树、落叶松、马尾松、刺槐、油松、柏木、橡胶木和湿地松,面积合计3 635.88万hm²、占全国人工乔木林面积的63.65%,蓄积合计231 954.73万m³、占全国人工乔木林蓄积的68.47%^[8]。其中杉木、落叶松的强度设计值,在GB 50005-2017《木结构设计标准》中已经给出,为这两个国产树种木材在木结构建筑中的应用提供了依据;其他树种和竹材如何应用到木结构中,尚待提供试验数据支撑。

近10年来,我国木材消费总量从2007年的3.8亿m³增长到2017年的6亿m³,年均增长4.67%,其中建筑业用木材1.86亿m³,约占全国木材消费量的31%^[9]。

为了弥补国内木材资源的不足,从1997年起我国每年从国外进口原木和锯材。1997年进口原木447.1万m³、锯材132.5万m³,到2017年分别增加到5 539.83万、3 739.36万m³,合计近1亿m³,且进口针叶树材占比过半。2017年针叶树材原木进口量为3 823.62万m³,占原木总进口量的69%;针叶材锯材进口量2 504.7万m³,占锯材总进口量的67%。主要进口树种有:红松、樟子松、冷杉、云杉、辐射松、落叶松、花旗松^[10],主要进口国包括:俄罗斯、新西兰、加拿大等。

1.3 木结构的标准体系现状

木结构的国家和行业标准的相继颁布,有利于产业的良性发展,保证木结构生产企业和消费者有法可依。我国木结构标准体系已经初步构建,产品覆盖了锯材、胶合木、结构用人造板等^[11-13],涵盖了设计标准、施工验收标准、产品标准、技术标准、测试方法标准等,见表1。

但标准体系亦存在一些问题:

1) 结构材标准体系不够完善。随着结构材的不

表 1 我国木结构相关标准
Tab.1 Standards relevant to timber structure in China

标准号	标准名称
GB/T 36407-2018	机械应力分级锯材
GB/T 36408-2018	木结构用单板层积材
GB 50005-2017	木结构设计标准
GB/T 35215-2017	结构用人造板特征值的确定方法
GB/T 35216-2017	结构胶合板
GB/T 51226-2017	多高层木结构建筑技术标准
GB/T 34725-2017	结构用人造板集中荷载和冲击荷载性能测试方法
GB/T 34719-2017	结构用人造板均布荷载性能测试方法
GB/T 4744-2017	规格材及齿板连接性能设计值确定方法
GB 50016-2014	建筑设计防火规范
GB/T 31291-2014	木材和木基产品的荷载持续时间效应和蠕变性能评定
GB/T 31264-2014	结构用人造板力学性能试验方法
GB/T 31265-2014	混凝土模板用木工字梁
GB/T 29897-2013	轻型木结构用规格材目测分级规则
GB/T 29895-2013	横向振动法测试木质材料动态弯曲弹性模量方法
GB/T 50329-2012	木结构试验方法标准
GB 50206-2012	木结构工程施工质量验收规范
GB/T 50772-2012	木结构工程施工规范
GB/T 50708-2012	胶合木结构技术规范
GB/T 28993-2012	结构用锯材力学性能测试方法
GB/T 28986-2012	结构用木质复合材产品力学性能评定
GB/T 28985-2012	建筑结构用木工字梁
GB/T 28987-2012	结构用规格材特征值的测试方法
GB/T 28990-2012	古建筑木结构内部腐朽与弹性模量应力波无损检测规程
GB/T 26899-2011	结构用集成材
GB/T 22349-2008	木结构覆板用胶合板
GB/T 50361-2005	木骨架组合墙体技术规范
GB 50165-1992	古建筑木结构维护与加固技术规范
LY/T 2918-2017	木框架墙体软重物撞击试验方法
LY/T 2917-2017	结构用集成材力学性能特征值的确定方法
LY/T 2720-2016	胶合面木破率的测定方法
LY/T 2722-2016	指接材用结构胶黏剂胶合性能测试方法
LY/T 2721-2016	结构用定向刨花板力学性能指标特征值的确定方法
LY/T 2377-2014	木质结构材料用销类连接件连接性能试验方法
LY/T 2380-2014	楼面和层面用结构人造板在集中载荷和冲击载荷作用下承载性能测试方法
LY/T 2381-2014	结构用木质材料基本要求
LY/T 2382-2014	应力波无损测试锯材动态弹性模量方法
LY/T 2383-2014	结构用木材强度等级
LY/T 2388-2014	轻型木结构连接件通用技术条件
LY/T 2389-2014	轻型木结构建筑覆面板用定向刨花板
LY/T 2225-2013	结构用竹篾层积材
LY/T 2146-2013	古建筑木结件的非破坏性检测方法及腐朽分级
LY/T 2228-2013	轻型木结构-结构用直接规格材
JGJ/T 265-2012	轻型木桁架技术规范
LY/T 2059-2012	木结构用钢钉
LY/T 1975-2011	木材和工程复合木材的持续负载和蠕变影响评定

断研发，新工艺和新产品不断出现，尤其是结构复合材、竹质工程材等，现行标准则无法涵盖；

2) 标准制定过程和内容缺乏统一性，标准发布主要部门为原国家质检总局、住建部、原国家林业局等，各部门制定标准时侧重点不同，有些标准在具体技术指标上存在差异；

3) 企业执行标准力度不够，缺乏统一的执标监督检查^[7]。且很多企业的胶合木为企业自产自销，产品没有经过任何第三方的质量监督，势必存在影响建筑结构安全的隐患。

因此，需要有规划地陆续推出系列标准，进一步完善标准体系；统一技术要求、统一术语名称、统一采标原则，使不同部门制定的标准协调统一；同时，推出强制性标准，推进我国结构材产品质量认证体系建设，规范市场运行。

2 我国木结构相关政策及科研项目

2.1 政策

为了加快推进“安全实用、节能减废、经济美观、健康舒适”的绿色住房建设，推动“节能、减排、安全、便利和可循环”的绿色建材应用^[14-15]，2015 年以来，我国陆续颁布了一系列政策，为未来木结构产业的发展奠定基础。

2015 年 8 月，工信部、住建部颁布《促进绿色建材生产和应用行动方案》，提出推广城镇木结构建筑应用，在特色地区、旅游度假区重点推广木结构，在经济发达地区的农村自建住宅、新农村居民地建设中，重点推进木结构农房建设，鼓励在竹资源丰富地区发展竹制建材和竹结构建筑，首次将木竹结构发展列入国家部委文件。

2016 年 2 月，国务院颁布《中共中央国务院关于进一步加强城市规划建设管理工作的若干意见》，首次提出，在具备条件的地方倡导发展现代木结构建筑，力争用 10 年左右时间，使装配式建筑占新建建筑的 30%。而木结构建筑“搭积木式”造房子、流水线上“生产”房子，非常适合作为装配式建筑。绿色材料、绿色建造、绿色生活将是未来发展的核心理念，发展现代木结构建筑政策导向明确，符合“适用、经济、绿色、美观”的建筑八字方针。

同年，原国家林业局颁布《关于大力推进森林

体验和森林养生发展的通知》，强调采用木结构建筑对森林的影响最小，与森林环境最为协调，在森林体验和养生中大有作为。该通知发布后，浙江林业厅根据自身特点，提出在森林旅游中鼓励采用木结构建筑。

2017年住房和城乡建设部颁布《“十三五”装配式建筑行动方案》、《装配式建筑示范城市管理办法》、《装配式建筑产业基地管理办法》，制定全国木结构建筑发展规划，明确发展目标和任务，确定重点发展地区，开展试点示范。

木结构属于绿色节能建筑，随着生态文明建设被社会的正确理解，政府对绿色建筑的推进，将有效推动木结构产业高质量发展，进一步完善和落实木结构建筑土地、税收、资质、认证、消防等相关政策，简化审批手续，加快推进我国木结构建筑的商品化和市场化^[16]。

2.2 科研项目

近年来，国家立项了一系列有关木结构的重大科技项目，整合集成全国木结构领域的优势创新团队，聚焦研发共性关键技术，强化基础研究、实行典型应用示范各项任务间的统筹衔接，推动了木结构行业的核心竞争力和自主创新能力。

中国林业科学研究院木材工业研究所在“十一五”期间，承担了国家科技支撑计划课题“高强度结构材加工利用技术”，形成了结构用规格材优化加工技术，结构用规格材产品分级技术，结构用规格材性能无损评价技术，高强度工程木材材料复合增强技术和结构用规格材新型联结装配技术；承担的“十二五”农村领域国家科技计划课题“木结构用木质复合材料构件制造技术研究”，形成结构用木质复合材料安全性设计技术研究，木桁架质量可控和制造技术研究，以及高强度木质保温板制造技术；承担的国家林业公益性行业科研专项、引进国际先进农业科学技术计划（“948”计划）项目和推广项目，形成了节能隔声型预制木结构外墙制造技术，轻型木结构材料制造与应用技术，高性能竹基纤维复合材料制造技术，足尺结构材力学性能检测评价技术，以及建立了结构用木材标准体系。

目前，“十三五”国家重点研发计划课题在研的项目有：结构用木竹材料强度分级及防护处理技术、

结构用木质材料认证与木结构节点复合式增强技术等。其他高等院校也完成大量科研工作。如南京林业大学建立的CLT滚动剪切性能评价机制^[17]；南京工业大学提出了拱形胶合木人行桥的设计方法，有效解决大跨度木结构挠度过大问题^[18]；同济大学制定出钢木混合结构抗震设计方法^[19]；哈尔滨工业大学完成了木材和木制品强度设计指标确定方法^[20]等。

3 展望

木结构建筑作为绿色、低碳建筑的典型代表，发展潜力巨大，但木结构建筑商品化、住宅化任重道远。

1) 还需把握国家政策导向，找准市场定位，引导整个木结构产业升级、向更高质量发展迈进，进一步提升企业管理和技术水平；

2) 进一步优化人工林资源利用，减少对进口材依赖，加大人工林木材用于木结构领域的技术研发，在竹资源丰富地区发展竹制建材和竹结构建筑；

3) 进一步完善木结构相关标准体系，建立结构材产品认证制度，保障产品质量，规范市场运行；

4) 加强政策支持，鼓励发展绿色节能、装配式、中高层木结构建筑；进一步完善和细化木结构建筑土地、税收、资质、消防等相关政策，加快推进我国木结构建筑的商品化和市场化；

5) 打造木结构与林业生态、旅游地产、新农村互动新型经营模式，通过项目经营，带动单纯的产品经营，避开木结构产品市场低价竞争的恶性环境，达到木结构企业与开发商双赢的目的；

6) 推进产品经营深度向资本经营、品牌经营转变，提高企业品牌的认知度、美誉度，延伸产品服务深度，提供木结构建筑定期维护和保修服务，增强市场竞争优势；

7) 加强教育和科研投入，培养木结构相关的生产、设计、施工、监理、验收人才，加大技术储备，提升技术创新能力。

参考文献：

- [1] 任海青, 上官薇薇. 中国木结构建筑发展研究与现状[J]. 建设科技, 2015(3): 12-16.
- [2] 周自恒. 苏南地域传统建筑木结构装饰的研究[D]. 南京: 南京工业大学, 2016.

- [3] 周海宾. 中国木结构产业的现状及发展(一) [J]. 木材工业, 2012, 26(2): 1-5.
ZHOU H B. Current and future status of wood structure in China (Part I) [J]. China Wood Industry, 2012, 26(2): 1-5.
- [4] 任海青, 周海宾, 费本华, 等. 现代木结构住宅在中国的发展机遇和挑战[J]. 木材加工机械, 2006(1): 28-31.
- [5] 任海青, 江泽慧, 费本华, 周海宾. 中国现代木结构住宅未来发展之路[J]. 木材工业, 2006, 20(2): 45-47.
REN H Q, JIANG Z H, FEI B H, ZHOU H B. Future development path of modern wood frame housing in China[J]. China Wood Industry, 2006, 20(2): 45-47.
- [6] 陶以明. 大力发展中国特色的木结构产业[J]. 国际木业, 2017(6): 10-12.
- [7] 龚迎春, 王朝晖, 江京辉, 等. 杉木目测等级规格材足尺抗压和拉伸强度的设计值研究[J]. 林业工程学报, 2017, 2(2): 22-27.
GONG Y C, WANG Z H, JIANG J H, et al. Design values of compressive and tensile strength for visually graded Chinese fir dimension lumber[J]. China Forestry Science and Technology, 2017, 2(2): 22-27.
- [8] 国家林业和草原局. 中国森林资源报告(2014—2018) [M]. 北京: 中国林业出版社, 2019.
- [9] 中国木业发展现状与展望[EB/OL]. <https://news.chinabm.cn/2018/0816468717.shtml> (2018-08-16) [2018-09-18].
- [10] 朱光前. 2017 年中国木材进口及中非木材贸易简况[J]. 国际木业, 2018(2): 14-21.
- [11] 龚迎春, 任海青. 正交胶合木的特性及发展前景[J]. 世界林业研究, 2016, 29(3): 71-74.
GONG Y C, REN H Q. Characteristics and development prospect of cross-laminated timber[J]. World Forestry Research, 2016, 29(3): 71-74.
- [12] 于文吉, 余养伦, 周月, 任丁华. 小径竹重组结构材性能影响因子的研究[J]. 林产工业, 2006, 33(6): 24-28.
YU W J, YU Y L, ZHOU Y, REN D H. Studies on factors influencing properties of reconstituted engineering timber made from small-sized bamboo[J]. China Forest Products Industry, 2006, 33(6): 24-28.
- [13] 环境保护部. 大力推动生活方式绿色化加快推进生态文明建设——解读《关于加快推动生活方式绿色化的实施意见》[J]. 交通节能环保, 2015, 11(6): 1-4.
- [14] 王晓欢, 费本华, 赵荣军, 周海宾. 木结构建筑节能发展与研究现状[J]. 建筑节能, 2008, 36(3): 24-28.
WANG X H, FEI B H, ZHAO R J, ZHOU H B. Development and research status of energy-efficiency of wood construction[J]. Construction Conserves Energy, 2008, 36(3): 24-28.
- [15] 周海宾. 中国木结构产业 2015 年—2020 年市场趋势[J]. 国际木业, 2015(11): 2-7.
- [16] 龚迎春, 蔡芸, 任海青. 我国木结构产业发展机遇与挑战[J]. 林产工业, 2016, 43(7): 6-10.
GONG Y C, CAI Y, REN H Q. Opportunity and challenge of wood structure development in China[J]. China Forest Products Industry, 2016, 43(7): 6-10.
- [17] ZHOU Q, GONG M, YING H C, et al. Measurement of rolling shear modulus and strength of cross laminated timber fabricated with black spruce [J]. Construction and Building Materials, 2014, 64 (30): 379-386.
- [18] 岳孔, 杨会峰, 陆伟东, 等. 拱形胶合木人行桥的设计及制作关键技术[J]. 林业实用技术, 2010(11): 53-54.
- [19] 王希珺, 李征, 何敏娟. 基于承载力的多层钢木混合结构抗震设计方法[J]. 建筑结构, 2017, 47(23): 29-36.
WANG X J, LI Z, HE M J. Seismic design method of multi-story steel-wood composite structure based on bearing capacity[J]. Seismic design method of multi-story steel-wood composite structure based on bearing capacity[J]. Building Structure, 2017, 47(23): 29-36.
- [20] 祝恩淳, 牛爽, 乔梁, 等. 木结构可靠度分析及木材强度设计值的确定方法[J]. 建筑结构学报, 2017, 38(2): 28-36.
ZHU E C, NIU S, QIAO L, et al. Reliability analysis of wood structures and method for determining design strength value of timber[J]. Journal of Building Structures, 2017, 38(2): 28-36.

(责任编辑 姜征、向琴)

(上接第15页)

参考文献:

- [1] 郭月红. 汽蒸-微爆破预处理对巨尾桉干燥特性的影响[D]. 北京: 北京林业大学, 2015.
- [2] 白雪, 杨永福, 王天龙, 等. 压缩空气微爆破处理对杨木渗透性的影响[J]. 林产工业, 2012(3): 17-19.
BAI X, YANG Y F, WANG T L, et al. 2012. Effects of compressed air explosion treatment on the permeability of poplar[J]. China Forest Products Industry, 29(3): 17-19, 29.
- [3] 余梦洁. 微爆破预处理对落叶松木材干燥及脱脂效果的影响[D]. 北京: 北京林业大学, 2012.
- [4] 王海元, 王天龙, 李黎, 等. 微爆破对刺槐干燥速率和渗透性的影响[J]. 林业机械与木工设备, 2013(4): 26-28.
WANG H Y, WANG T L, LI L, et al. Effect of air-compressed explosion on drying rate and permeability of Locust[J]. Forestry Machinery & Woodworking Equipment, 2013(4): 26-28.
- [5] 李艳. 微爆破处理对杨木薄板渗透性及软化效果的影响[D]. 北京: 北京林业大学, 2015.
- [6] 刘江坚. 织物间歇式染色技术[M]. 北京: 中国纺织出版社, 2012.
- [7] 房宽峻, 王建庆. 染料应用手册[M]. 北京: 中国纺织出版社, 2013.
- [8] 白雪. 微爆破处理对杨木渗透及力学性能影响的初步研究[D]. 北京: 北京林业大学, 2012.
- [9] 王海元. 微爆破预处理对杉木、刺槐渗透性和干燥特性的影响[D]. 北京: 北京林业大学, 2013.
- [10] 苏宏华, 姚正军. 多指标正交试验的模糊分析法[J]. 南京航空航天大学学报, 2004, 36(1): 29-33.
SU H H, YAO Z J. Fuzzy analysis method for Multi-Index orthogonal test[J]. Transactions of Nanjing University of Aeronautics & Astronautics, 2004, 36(1): 29-33.
- [11] 许美君, 李黎, 罗斌. 杨木磨削力的影响因素及最佳磨削参数研究[J]. 北京林业大学学报, 2015, 37(1): 122-126.
XU M J, LI L, LUO B. 2015. Factors affecting sanding force and optimal sanding parameters of Populus[J]. Journal of Beijing Forestry University, 37(1): 122-126.
- [12] 王晖, 陈丽, 陈垦, 等. 多指标综合评价方法及权重系数的选择[J]. 广东药学院院报, 2007, 23(5): 583-589.
- [13] 何盛. 微波处理改善木材浸注性及其机理研究[D]. 北京: 中国林业科学研究院, 2014.

(责任编辑 向琴、张鹏)