

讨论与建议

木结构建筑的特征及在我国的发展前景

娄万里^{1, 2}, 任海青¹

(1. 中国林科院木材工业研究所; 国家林业局木材科学与技术重点实验室, 北京 100091;

2. 科学技术部火炬高技术产业开发中心, 北京 100045)

摘要: 从环境保护、节能保温、结构安全、材料可再生性及住宅产业化等层面, 分析论述木结构建筑的主要特征及在我国的发展前景, 并指出轻型木结构建筑是更适宜于我国发展的木结构建筑类型, 倡导我国大力发展木结构建筑, 实现建筑业的可持续发展。

关键词: 木结构建筑; 特征; 轻型木结构; 绿色建筑; 中国

中图分类号: TU366 文献标识码: B 文章编号: 1001-8654(2015)05-0020-04

Characteristics and Prospects of Wood Structure Buildings in China

LOU Wan-li^{1, 2}, REN Hai-qing¹

(1. Research Institute of Wood Industry, Chinese Academy of Forestry;

Key Lab of Wood Science and Technology of State Forestry Administration, Beijing 100091, China;

2. Torch High Technology Industry Development Center, Ministry of Science and Technology, Beijing 100045, China)

Abstract: The authors analyzed characteristics of wood structure buildings in China from the point of view on environmental protection, energy-saving insulation, structure safety, material renewability and residential building industrialization. They also presented their opinions on the development of wood structure buildings in China. It was concluded that light frame construction was more suitable for China to develop. Moreover, measures to promote sustainable development of a green building industry in China were also presented.

Key words: wood structure building; characteristics; light frame construction; green building; China

目前我国建筑业正处于蓬勃发展时期, 每年新增建筑面积约 20 亿 m^2 , 建筑类型以高能耗和高污染的钢筋混凝土结构为主, 给环境带来巨大压力。2013 年, 国务院提出在“十二五”淘汰落后产能目标量的基础上, 2015 年再淘汰落后炼钢产能 1 500 万 t、水泥 1 亿 t 的目标。

收稿日期: 2015-01-20; 修改日期: 2015-07-31

基金项目: “十二五”国家科技支撑课题专题“节能型木骨架组合墙体材料的研发”(2014BAL03B02-04)。

作者简介: 娄万里(1985—), 男, 中国林科院木材工业研究所博士研究生, 科学技术部火炬高技术产业开发中心工程师。

责任作者: 任海青, 女, 中国林科院木材工业研究所研究员, 博士生导师。

木结构建筑在环保、节能保温、结构安全和住宅产业化等方面具有独特优势, 且顺应我国发展绿色环保、节能减排建筑的理念, 具有很大的发展前景。

1 木结构建筑的主要特征

与钢筋混凝土结构及其他结构的建筑相比, 木结构建筑的主要特征表现在以下方面。

1.1 环保性能

1.1.1 碳排放量最少

钢材和水泥是传统建筑的主要用材, 也是环境污染排放的重要来源。据计算, 建筑业排放的 CO_2 占

全国碳排放总量的比例高达36%^[1],仅由水泥生产所造成的CO₂排放量占18%~22%^[2],钢铁行业CO₂排放量占9.2%^[3]。建筑业的迅猛发展,更加剧了全球气候变暖。

但是,不同建筑材料的碳排放量差异很大,研究不同建筑材料的碳排放,对发展低碳建筑和整个社会的减排意义重大。

树木在成长为木材的过程中,经过光合作用,每生长1 m³木材能吸收约1 t的CO₂,并释放0.75 t的O₂。木材产品固定的碳量,比其在生产和使用过程中释放的碳量更多,是唯一的“负碳”型材料^[4]。

木材、钢材和水泥三种建筑材料的碳排放系数分别为:30.30、6470和1 220 kg CO₂/t。对于相似结构的建筑,木结构建筑在生命周期内的碳排放最少,温室气体排放量远低于钢结构建筑和砖混结构建筑。

1.1.2 环境污染最小

在三大材料的生产过程中,木材生产的废料,通常被用于制造纸浆、人造板或作为燃料,也可自行降解融入土壤,不会对环境造成污染。而水泥生产过程中,颗粒物排放量占全国颗粒物排放总量的15%~20%,SO₂排放量占全国SO₂排放量的3%~4%,氮氧化物排放量占全国氮氧化物排放总量的10%~12%,是大气污染的主要来源。钢材生产过程中,粉尘排放量占工业粉尘排放总量的15.18%,SO₂排放量占全国总排放量的3.7%^[3]。

在材料的运输、使用及装卸等过程中,木结构建筑采用干法施工,既节省了水源,极少有粉尘和噪音污染,又因为木材可降解,产生的建筑垃圾可妥善解决,不会对环境造成过多破坏。而钢筋混凝土建筑一旦拆除,其建筑垃圾难于无害化处理,几十年甚至上百年来也无法形成良好循环。目前,我国每年产生的建筑垃圾约3亿t,建筑垃圾总量已达80亿t,占城市垃圾总量的30%~40%,损毁土地200万亩以上^[5]。由此可见,使用木结构建筑能极大地减少建筑垃圾。

综合评价,钢结构建筑的空气污染指数是木结构建筑的1.44倍,水污染指数是木结构的120倍,产生的废料是木结构的1.37倍。

1.1.3 环境破坏最轻

不同结构形式的建筑对环境的破坏程度亦不同。清华大学国际工程项目管理研究院等把资源消耗和

生态破坏层面的环境影响,划分为:气候变暖、臭氧层破坏、酸化、水体悬浮物、水资源消耗、化石能消耗等12种类型,在考虑社会支付意愿的基础上,构建各种类型环境影响的权重系统,对不同结构形式建筑的主要建材的环境影响进行了加权评估,结果显示:

就单位建筑面积的环境影响潜力而言,木结构最小(148.87元/m²),混凝土结构次之(150.13元/m²),钢结构建筑最高(161.92元/m²);而对生态系统的破坏程度,钢结构最严重(134.68元/m²),混凝土结构次之(120.46元/m²),木结构最轻(106.23元/m²)^[6]。因此,开发木结构建筑,将具有更高的环境效益。

1.2 节能保温性能

我国现有近400亿m²建筑中,98%为高耗能建筑^[7]。据统计,建筑业所使用的资源占全国资源利用量的40%~50%,消耗的能源约占全社会总能耗的30%^[8]。

钢材的加工工艺复杂,其生产能耗占全国总能耗的15%左右。木材的加工、运输和装配工艺相对简单,消耗的能源较少。比较同等单位材料的加工能耗,钢材是木材的191倍,水泥是木材的5倍。如果用木结构建筑替代钢结构建筑,在建造阶段,将节省27.75%的能源和39.2%的水;替代混凝土结构建筑,可节省45.24%的能源和46.17%的水^[6]。

此外,木材是天然的隔热材料,保温性能优异,其隔热值比混凝土高16倍,热阻值是钢材的400倍。在相同的外界条件和室内热环境条件下,木结构墙体的传热量明显低于钢混结构墙体,节能效果更明显^[9]。钢混结构建筑要达到与木结构建筑相同的节能效果,必须使用更多的保温材料或加厚墙体。

1.3 安全性能

1.3.1 抗震安全性

建筑的抗震性能主要取决于建筑材料。木结构建筑的抗震性能优于其他任何形式的结构,体现在:

1) 木材密度小,木结构建筑重量轻,地震发生时吸收的地震力小;2) 构件间连接具有柔性,可承受较大荷载,并允许产生一定变形,吸收一定的地震能量;3) 韧性大,对瞬间冲击载荷和周期性疲劳破坏,有较强的抵抗能力,不易和地基发生共振,具有墙倒屋不塌的特征。

大量实践证明,木结构建筑在各种极端的负荷条件下,均表现出优异的抗震性能,保持结构的稳定性和完整性,因而能够降低次生灾害的危险,有效地减轻地震发生时人员的伤亡。

1.3.2 防火安全性

事实证明,木结构建筑的防火安全性能与材料本身的燃烧性能关系不大,而是取决于建筑中整个构件的燃烧性能,尤其是屋顶、墙壁和地板等构件。实际应用时,木结构建筑构件的内侧会使用防火石膏板覆面,龙骨空腔内填充不可燃的矿物纤维保温材料,以增强其耐火极限。公安部天津消防研究所和加拿大木业协会对木结构建筑构件进行的一系列标准耐火试验结果表明,木结构建筑构件的耐火性能可达到GB 50016-2006《建筑设计防火规范》的要求^[10]。

并且,木结构建筑的木构件经过阻燃处理具有炭化效应,因此,木结构建筑的防火性能甚至优于砖混结构建筑^[10]。火灾发生时,木材表面的炭化层可以阻碍火势蔓延,为营救和逃生争取宝贵时间。

1.4 可持续性

一直以来,人们对木结构建筑的应用存在误区,认为我国没有足够的森林资源,利用木材就是破坏森林资源,破坏生态环境。其实不然,在所有的建筑材料中,木材是唯一可再生的资源,只要能做到森林资源的科学管理,并加以合理利用,就可以源源不断地从森林中获得建筑材料。

发展木结构建筑,不但可以促进森林的再生和森林资源的生长,有助于森林的可持续开发,而且可以激发全社会的造林积极性。欧洲等发达国家木结构建筑的发展已有百年历史,其森林资源不但没有减少反而逐步增加的事实,就是最好的例证。

目前,我国森林面积 2.08 亿 hm²,天然林面积 1.22 亿 hm²,蓄积 122.96 亿 m³;人工林面积 0.69 亿 hm²,蓄积 23 亿 m³,其中人工林木材资源生长量大于采伐量,森林资源质量和数量均稳步提升^[11],为我国木结构建筑的长期发展提供了资源保障。

表 1 列出我国三大原材料资源的可采年限和消耗水平^[12]。

钢材和水泥来自于不可再生的矿石和化石类资源。目前我国已探明的可用于水泥生产的石灰石矿山储量约 450 亿 t,可开采利用的约 250 亿 t。水泥

表 1 我国几种主要原材料资源的可采年限和消耗水平
Tab. 1 Recoverable years and consumption
of main raw materials in China

原材料类别	可采年限/ a	人均年消费/kg		我国产量占 世界产量比例/%
		我国	世界	
铁矿石	45	530(钢材)	140(钢材)	46.3
石灰石	30	1 700	440	57
木材	可再生	0.11 m ³	0.24 m ³	6.2

工业每年要消耗约 6 亿 t 石灰石。以此发展速度计算,在今后几十年内,我国部分省份的石灰石资源将面临枯竭^[13]。

由此可见,合理利用木材管理森林,推广木结构建筑,是促进林业产业良性循环、可持续发展之路。

1.5 施工周期

木结构建筑大量构件可以实现工厂预制成型,工地现场装配,施工基本不受气候的影响,施工周期只需同等规模混凝土结构建筑的 1/3~1/2^[14]。一幢三层别墅包含装修在内的建造周期只需 2~3 个月,且施工强度降低,劳动力成本节省。

木构件和连接件的标准化生产,使得现代木结构建筑可以实现集成性和预制性,逐步做到产品标准化、供应系列化、生产工厂化和施工装配化。生产加工的技术进步,大大推动了木结构建筑的发展,可助力我国住宅产业化水平的提升。

2 木结构建筑的发展历史及前景

2.1 发展历史及分类

我国木结构建筑的历史始于原始社会,被誉为华夏建筑文化之源。发展至今,木结构建筑可以分为古代木结构建筑和现代木结构建筑。

古代木结构建筑主要是指原木经过简单处理,用榫卯连接的梁柱框架体系,设计和加工相对较为传统,其风格灵活,布局合理,为许多宫殿、寺庙和传统民居采用,堪称古代建筑体系的典范^[15]。

20 世纪 90 年代,我国引进了一批国外成熟和先进的木结构建筑,现代木结构建筑开始被接受并逐渐发展起来。

现代木结构建筑的形式,可分为重型木结构建筑和轻型木结构建筑两类。两种结构类型的主要区别在于木构件的尺寸、组合方式、木构件与其他材料的组合程度,以及防火安全条件^[16]。

重型木结构多使用胶合木为主要承重构件,梁柱式结构居多,多用于公共建筑;轻型木结构用规格材及木基结构板或石膏板制作木构架墙体、楼板和屋盖系统,构成单层或多层建筑结构,多用于民居。

按照规范体系,我国的木结构建筑又可分为普通木结构、胶合木结构和轻型木结构三种。普通木结构的承重构件采用实木制作,为单层或多层木结构;胶合木结构的承重构件采用胶合木制作。普通木结构和胶合木结构均属梁柱式木结构,主要应用于居住、工业、商业、体育、娱乐等建筑及我国传统木建筑中^[17]。轻型木结构则采用规格材及木基结构板或者石膏板制作,可以用于大型工业和民用建筑。

2.2 发展前景

现今我国留存下来的古代木结构建筑历久弥新,但由于古代木结构技术对原生林木依赖性高、木构件连接方式复杂、手工作业比例高、构件防火耐水性能差,不符合现代消防标准,加上耗材巨大,不利于森林资源的合理利用,亦不符合现代节能环保的要求,很难满足现代工业化生产的要求,推广受限。

而现代木结构建筑对木材原料的要求不高,来自于次生林和人工林的木材都能用于制作木构件,且可以被预制成各种形状、尺寸和结构,实现产品标准化、供应系列化、生产工厂化、施工装配化。

此外,现代木结构建筑具有抗震安全、保温性好、节能效果显著等特点,在日益提倡可持续发展的建筑行业中,地位重要性凸显,逐渐占据绿色建筑市场的主体地位。在大中城市,可发展混合木结构、平改坡工程及大型公共建筑、休闲会所、旅游度假酒店等;而随着新农村建设和城镇化进程推进,尤其是地震多发地区房屋改建工程,亦为木结构建筑的推广和应用提供了良好契机。

3 结语

当前,我国正处于工业化、城镇化和新农村建设的快速发展的历史时期。木结构建筑在节能环保、抗震、防火和住宅产业化等方面具有的独特优势,符合我国倡导的绿色、生态和低碳理念以及节能减排的既定方针。大力发展木结构建筑,将会拓宽木材在建筑领域的市场空间,最大效率地利用资源和最低限度地影响环境,是建筑行业贯彻落实“建设资源节约型、环

境友好型社会”战略决策的必需途径。

在发展木结构建筑的过程中,还要注重对传统木结构民居的创新发展,结合当地木材资源、建筑文化以及木材加工企业的特色,应用高新技术,发展具有地区特色、符合现代木结构规范要求的木结构建筑,在传承木结构建筑传统文化的基础上,不断创新发展,逐步形成产业链,推进我国木结构建筑产业的可持续发展。

参考文献:

- [1] IPCC. Climate Change 2001: Mitigation, contribution of working group to the third assessment report of the intergovernmental panel on climate change[M]. UK: Cambridge University Press, 2001.
- [2] 崔素萍,刘伟. 水泥生产过程 CO₂减排分析[J]. 中国水泥, 2008(4): 57-59.
- [3] 工业和信息化部. 钢铁工业“十二五”发展规划[EB/OL]. 北京: 工业和信息化部, 2011.
- [4] 龚志起. 建筑材料生命周期中物化环境状况的定量评价研究[D]. 北京: 清华大学, 2004.
- [5] 朱光前. 发展木结构建筑的必要性与可行性[J]. 建设科技, 2012(3): 24-26.
- [6] 清华大学国际工程项目管理研究院, 建筑环境与设备研究所. 中国木结构建筑与其它结构建筑能耗和环境影响对比[R]. 北京: 清华大学出版社, 2006.
- [7] 张琨晔. 论建筑行业对全球主要环境问题的贡献[J]. 山西建筑, 2010, 36(26): 347-348.
- [8] 吴星. 建筑工程环境影响评价体系和应用研究[D]. 北京: 清华大学, 2005.
- [9] 赵勇. 现代木结构住宅墙体热物理性能研究[D]. 北京: 中国林业科学研究院, 2007.
- [10] 倪照鹏, 彭磊, 邱培芳, 等. 木结构建筑构件耐火性能试验研究[J]. 土木工程学报, 2012, 45(12): 108-114.
- [11] 国家林业局. 第八次全国森林资源清查[R]. 北京: 中国林业出版社, 2014.
- [12] 朱光前. 对木材产业发展的几点想法[J]. 中国木材, 2013(6): 5-7.
- [13] 赵平. 生态环境与建筑材料[J]. 中国建材科技, 2004(6): 13-20.
- [14] 王澄, 汪霄. 我国木结构建筑的发展思考[J]. 林产工业, 2013(5): 14-16, 25.
- [15] 许建华, 杨会峰, 陆伟东. 中国传统木结构在继承和创新发展中问题分析[J]. 木材工业, 2011, 25(5): 20-23.
- [16] 周海滨. 中国木结构产业的现状及发展[J]. 木材工业, 2012, 26(2): 1-5.
- [17] 喻通秋. 推进我国木结构产业发展的思路[N]. 中华建筑报, 2014-08-12(08).

(责任编辑 向 琴)